

# **Wertigkeit von stimmverbessernden Operationen bei Stimmlippennarben**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereiches Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Frank Ulrich Alexander Thiele  
aus Osnabrück

Gießen 2014

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde

Ehemalige Direktorin: Prof. Dr. med. H. K. Glanz

der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. A. Schulz

Gutachter: Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt

Tag der Disputation: 26.10.2015

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Was ist Stimme	1
1.2	Bedeutung der Stimme im Alltag	2
1.3	Ursachen von Stimmbeeinträchtigungen - Stimmlippenvernarbungen	3
1.4	Entstehung einer Stimmlippenvernarbung – histologische Hintergründe	5
<b>2</b>	<b>Zielsetzung der Studie</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Vokaltrakt und Sprachphysiologie</b>	<b>9</b>
3.1	Anatomie des Kehlkopfes	9
3.2	Entwicklungsgeschichtliche Betrachtung der Kehlkopffunktion	10
3.3	Physiologie der Stimmproduktion im Kehlkopf	11
3.4	Mehrdimensionalität der Stimme	13
<b>4</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>14</b>
4.1	Das Patientenkollektiv	14
4.2	Lebensqualität/Selbstevaluation	14
4.3	Dokumentation und Funktionsanalyse	15
4.4	Stimmdiagnostik	16
4.4.1	Das Basisprotokoll der European Laryngological Society (ELS)	16
4.4.1.1	Die objektive Analyse	16
4.4.1.2	Die subjektive Analyse	16
4.4.1.3	Die indirekte Laryngoskopie	17
4.4.1.4	Die Videolaryngostroboskopie	18
4.5	Stimmgüteparameter	20
4.5.1	Rauigkeit	20
4.5.1.1	Jitter und Shimmer - Maße der Periodenschwankungen	20
4.5.1.2	Der Periodenkorrelationswert oder Mean-Waveform-Matching-Coefficient	21
4.5.2	Behauchtheit	21
4.6	Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm	22
4.6.1	Allgemeines	22
4.6.2	Erstellung des Göttinger Heiserkeitsdiagramms	23

4.7	Die Stimmfeldmessungen	24
4.7.1	Das Lesestimmfeld	25
4.7.2	Das Zähl- und Rufstimmfeld	26
4.7.3	Das Gesangsstimmfeld	26
4.8	Aerodynamik	26
4.9	Selbstevaluation	27
4.10	Das Therapiekonzept	30
4.10.1	Präoperative Diagnostik	30
4.10.2	Therapieoptionen	30
4.10.3	Die Mikrolaryngoskopie nach Kleinsasser	31
4.10.4	Überblick der endoskopischen Chordektomieverfahren	32
4.11	Terminologie der modernen Phonochirurgie nach den Richtlinien der European Laryngological Society (ELS)	35
4.12	Vocal Fold Surgery (VFS) und Reconstructive Surgery (RCS)	36
4.12.1	Vocal Fold Surgery (VFS)	36
4.12.2	Reconstructive Surgery (RCS)	37
4.13	Narbenklassifikationen und operative Therapieansätze	38
4.13.1	Stimmlippenrekonstruktion Typ I	38
4.13.2	Stimmlippenrekonstruktion Typ II	40
4.13.3	Stimmlippenrekonstruktion Typ III	41
4.13.4	Stimmlippenrekonstruktion Typ IV a und b	43
<b>5</b>	<b>Untersuchungsablauf</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>Die Analysedaten</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>Hard- und Software</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Statistische Methodik</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>51</b>
9.1	Subjektive Parameter	51
9.1.1	Benotung der Stimmzufriedenheit durch die Patienten	51
9.1.2	Analyse der Lebensqualität	52
9.1.2.1	Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem standardisierten Fragebogen QLQ-C30 der EORTC	52

9.1.2.2 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem Ergänzungsmodul QLQ-H&N35	54
9.1.3 Perzeptive Beurteilung der Stimmqualität nach der Rauheit- Behauchtheit-Heiserkeit Klassifizierung (RBH-Klassifizierung)	56
9.2 Objektive Parameter	57
9.2.1 Analyse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes	57
9.2.2 Analyse der Stimmumfangsprofiluntersuchung – Gesamtpopulation	58
9.2.3 Analyse des Phonationskoeffizienten	59
<b>10 Diskussion</b>	<b>60</b>
10.1 Subjektive Parameter	60
10.1.1 Subjektive Evaluation der Stimmzufriedenheit durch die Patienten	60
10.1.2 Lebensqualität	61
10.1.3 Rauheit-Behauchtheit-Heiserkeit Klassifizierung (RBH-Klassifizierung)	64
10.2 Objektive Parameter	66
10.2.1 Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm	66
10.2.2 Die Stimmfeldmessung (Voice Range Profile)	67
10.2.3 Aerodynamik	70
10.3 Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die zentralen Fragestellungen der Studie	73
10.4 Therapieansätze der Zukunft und Ausblick	75
<b>11 Zusammenfassung</b>	<b>81</b>
<b>12 Summary</b>	<b>82</b>
<b>13 Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>83</b>
<b>14 Abbildungsverzeichnis</b>	<b>84</b>
<b>15 Literaturverzeichnis</b>	<b>88</b>
<b>16 Anhang – Tabellen und Statistiken der Ergebnisse</b>	<b>106</b>
16.1 Subjektive Parameter	106
16.1.1 Benotung der Stimmzufriedenheit durch die Patienten – Gesamtpopulation	106

16.1.2	Benotung der Stimmzufriedenheit durch die Patienten – Therapiegruppen	106
16.1.3	Analyse der Lebensqualität	108
16.1.3.1	Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem standardisierten Fragebogen QLQ–C30 der EORTC – Gesamtpopulation	108
16.1.3.2	Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem standardisierten Fragebogen QLQ–C30 der EORTC - Therapiegruppen	108
16.1.3.3	Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem Ergänzungsmodul QLQ-H&N35 – Gesamtpopulation	109
16.1.3.4	Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem Ergänzungsmodul QLQ-H&N35 – Therapiegruppen	109
16.1.4	Perzeptive Beurteilung der Stimmqualität nach der Rauheit- Behauchtheit-Heiserkeit Klassifizierung (RBH-Klassifizierung)	110
16.1.4.1	Analyse der Gesamtpopulation	110
16.1.4.2	Analyse der Therapiegruppen	110
16.2	Objektive Parameter	112
16.2.1	Analyse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes – Gesamtpopulation	112
16.2.2	Analyse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes – Therapiegruppen	112
16.2.3	Analyse der Stimmumfangsprofiluntersuchung – Gesamtpopulation	114
16.2.4	Analyse der Stimmumfangsprofiluntersuchung – Therapiegruppen	114
16.2.5	Analyse des Phonationskoeffizienten – Gesamtpopulation	117
16.2.6	Analyse des Phonationskoeffizienten - Therapiegruppen	117
16.3	Korrelationen der subjektiven und objektiven Parameter	119
16.4	Evaluation der Lebensqualität	122
16.5	Evaluation der Stimmqualität	126
<b>17</b>	<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>128</b>
<b>18</b>	<b>Danksagung</b>	<b>129</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Was ist Stimme

Die Stimme ist neben Gestik und Mimik eine Form der nonverbalen Kommunikation [Hawk et al., 2009; Esposito und Esposito, 2012] und färbt unsere Sprache mit Emotionen [Scherer 1995].

So spiegelt der Klang unserer Stimme meist unbewusst und unwillkürlich unsere Emotionen wider und erzeugt eine korrespondierende soziale und interpersonelle Wahrnehmung durch unsere Umwelt [Banse et al., 1996; Esposito und Esposito, 2012]. Oft entsteht ein prägender erster Eindruck auf unser Gegenüber.

Allzu oft bewerten wir Menschen nach dem Klang ihrer Stimme und beginnen bereits beim ersten Aufeinandertreffen unser Gegenüber anhand der Stimme nach unserem subjektiven Eindruck zu kategorisieren [Bentele et. al., 2001].

Die Stimme weist viele unterschiedliche Qualitäten auf. Je nach Stimmungslage können hierdurch unterschiedliche Gemütszustände ausgedrückt werden, wie zum Beispiel: Ärger und Missfallen, Traurigkeit oder Freude, Stolz, Gleichgültigkeit oder Überraschtheit [Hawk et al., 2009].

Gerade in Situationen, in denen wir keine zusätzlichen visuellen Informationen erhalten, wie z.B. während eines Telefongespräches, spielt die Stimme deshalb eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung des Gesprächspartners. Der Klang der Stimme zeichnet ein imaginäres Bild des unsichtbaren Gegenübers und entscheidet so oft maßgeblich über Sympathie oder Antipathie [Bentele et. al., 2001].

Die Stimme kann zudem maßgeblich den beruflichen und privaten Werdegang und Erfolg eines Individuums beeinflussen:

So scheinen Frauen mit tieferer Stimme in Führungspositionen erfolgreicher zu sein [Klofstadt et al., 2012]. „In unserem Kulturkreis wirkt eine tiefere Stimme kompetenter als eine höhere“, erklärt dazu Dr. Behme-Gissel [2009]. Jahrelang deshalb mit der falschen Stimme zu sprechen, so die Pädagogin weiter, könne jedoch auf Dauer krank machen, da die Muskulatur der weiblichen Stimme für eine solche Veränderung nicht geeignet sei.

## 1.2 Bedeutung der Stimme im Alltag

Eine Beeinträchtigung der Stimme kann die Lebensqualität eines Patienten auf beruflicher und privater sowie psychischer und physischer Ebene zweifelsohne stark einschränken [Roy et al., 2005; Verdolini et al., 2001].

Besonders Personen, die in Sprechberufen tätig sind, wie z.B. Lehrer, werden durch Stimmstörungen erheblich beeinflusst [Smith et al., 1998; Roy et al., 2004; Verdolini et al., 2001].

Wenn z.B. dem Anwalt vor Gericht die Stimme versagt, dem Lehrer das Durchsetzungsvermögen abhandenkommt oder alleinstehende Senioren keine Telefonate mehr führen können, so ergeben sich nicht nur persönlich unbefriedigende und berufseinschränkende, sondern für die Senioren sogar bedrohliche Lebenssituationen.

Den Betroffenen droht aufgrund mangelnder Kommunikationsfähigkeit Vereinsamung, im Extremfall bis hin zur sozialen Isolation [Relic et al., 2001; Verdolini et al., 2001].

Darüber hinaus spielt unsere Stimme als Vehikel unserer Sprache eine nicht von der Hand zu weisende volkswirtschaftliche Rolle.

Nach Angaben der Tekomedia GmbH [2006] arbeiten circa 13 Millionen Menschen in der BRD in Sprechberufen. Hiervon entwickelten anteilig etwa 20 % Stimmstörungen und wären im Schnitt 10 Tage krankgeschrieben. Umgerechnet entspräche dies etwa einem Produktionsausfall von 2,6 Milliarden Euro im Jahr, was einem Ausfall der Bruttowertschöpfung von 3,7 Milliarden Euro im Jahr gleichkomme.

Vergleichbare Zahlen für den US-amerikanischen Raum werden von Verdolini und Ramig [2001] vorgelegt.



### **1.3 Ursachen von Stimmbeeinträchtigungen - Stimmlippenvernarbungen**

Stimmbeeinträchtigungen können angeboren oder erworben sein und sich auf verschiedenen Ebenen des stimmbildenden Organs und des stimmformenden Vokaltraktes manifestieren [Voigt-Zimmermann et al., 2013].

In der Gruppe der erworbenen Stimmbeeinträchtigungen sind Vernarbungen der Stimmlippen häufig der Grund für massive Stimmverschlechterungen [Friedrich et. al., 2013 b].

Sie haben verschiedene Ursachen, die unter anderem inflammatorisch, traumatisch, kongenital oder iatrogen bedingt sein können [Benninger et al., 1996].

Stimmlippenvernarbungen nach phonochirurgischen Eingriffen sind eine häufige iatrogene Ursache für Verschlechterungen der Stimmqualität [Woo et al., 1994 b; Friedrich et. al., 2013 b].

Intraoperative mikrochirurgische Verletzungen der Stimmlippen führen dabei in den betroffenen Arealen zu einer inflammatorisch bedingten quantitativen Veränderung der Gewebezusammensetzung und zur Organisation einzelner Gewebebestandteile [Friedrich et al., 2013 a; Voigt-Zimmermann et al., 2013].

Das Resultat ist die Bildung eines fibrotischen Ersatzgewebes, mit anderen Worten, einer Narbe.

Zum einen erzeugen Vernarbungen der Stimmlippen eine Versteifung des Stimmlippengewebes und reduzieren so die Schwingungsfähigkeit bzw. die phonatorische Beweglichkeit der Stimmlippen, die außerordentlich wichtig für die Stimmgebung ist [Friedrich et al., 2013 a; Voigt-Zimmermann et al., 2013].

Zum anderen besteht im Bereich von Stimmlippenvernarbungen oft ein Substanzdefizit des Stimmlippenkörpers, das hauptsächlich durch Geweberesektionen während operativer Eingriffe entsteht, seltener auch durch Kehlkopftraumata bedingt sein kann. Solch ein Substanzdefizit bewirkt, je nach Ausprägungsgrad, unterschiedlich stark ausgeprägte Glottisinsuffizienzen und Heiserkeiten, vor allem eine Behauchung [Friedrich et al., 2013 a; Voigt-Zimmermann et al., 2013].

Die Versteifung des Stimmlippengewebes und das Substanzdefizit machen sich besonders während des Phonationsaktes bemerkbar: Der subglottische Anblasedruck bzw. Glottisöffnungsdruck, welcher die Energie für die periodischen Stimmlippenschwingungen generiert, ist durch das Substanzdefizit des Stimmlippenkörpers vermindert, da ein Großteil des subglottischen Luftstromes über die Leckage der insuffizienten Glottis ungenutzt entweicht. Dadurch entstehen turbulente Luftströme, die der Stimme ein behauchtes Klangbild verleihen [Voigt-Zimmermann et al., 2013].

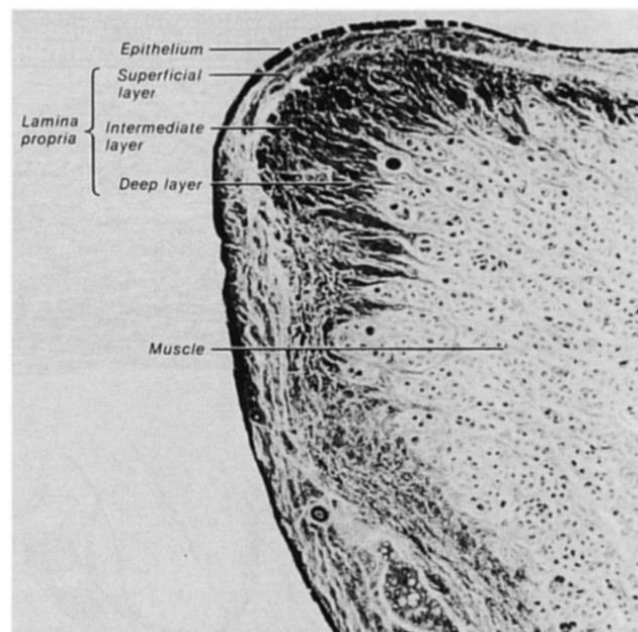
Betroffene Patienten empfinden subjektiv eine weitaus größere Anstrengung bei der Generierung einer adäquaten Sprechlautstärke, weil die Atemarbeit zum Erreichen eines ausreichend starken subglottischen Anblasedruckes durch die Leckage weitaus größer ist als unter physiologischen Bedingungen [Allen 2010; Berry et al., 2005].

Wenn überhaupt, so kann ein ausreichend hoher subglottischer Anblasedruck meist nur kurzzeitig erreicht werden und nicht, wie beim Stimmgesunden, für längere Zeit aufrechterhalten werden.

## 1.4 Entstehung einer Stimmlippenvernarbung – histologische Hintergründe

Gesundes Stimmlippengewebe kann histologisch in drei verschiedene Schichten unterteilt werden. Von außen nach innen lässt sich diese Schichtung wie folgt beschreiben:

1. Stimmlippenepithel
2. Lamina propria
3. Musculus thyroarytenoideus (Musculus vocalis)



**Abbildung 1: Die Struktur der Stimmlippe** (Hirano, Clinical examination of voice, New York: Springer-Verlag, 1981:5.), entnommen aus:  
Sataloff et al., Laryngeal mini-microflap: a new technique and reassessment of the microflap saga. J Voice. 1995 Jun;9(2):198-204.

Die Lamina propria wird weiter in drei Schichten aufgeteilt:

1. Superfizielle Schicht der Lamina propria (wird zusammen mit dem Stimmlippenepithel als Reinke'scher Raum bezeichnet)
2. Intermediäre Schicht der Lamina propria bzw. Übergang zum Ligamentum vocale
3. Tiefe Schicht der Lamina propria

Die superfizielle Schicht wird gemäß dem „Body-Cover“ Modell nach Hirano [1974] auch als „Cover“ bezeichnet. Die intermediäre und tiefe Schicht der Lamina propria bilden gemeinsam das Ligamentum vocale. Zusammen mit dem Musculus vocalis repräsentieren sie den „Body“ im „Body-Cover“ Modell.

Die Faserbestandteile der extrazellulären Matrix der Lamina propria, insbesondere das Elastin und Kollagen, werden von Fibroblasten synthetisiert [Hirano et al., 1999; Awd Allah et al., 2009].

Die Fibroblasten der intermediären Schicht der Lamina propria produzieren vornehmlich elastische Fasern, während in der tiefen Schicht kollagene Fasern dominieren. Fibroblasten der superfiziellen Schicht bzw. des Reinkeschen Raumes sind nach Hirano et al. [1999] bei gesunden Individuen unter normalen Umständen nahezu stoffwechselinaktiv und produzieren keine Faserbestandteile.

Madruga de Melo et al. [2003] differenzierten die Kollagenfasern der Lamina propria mikroskopisch weiter in die Subtypen Kollagen I und III. Sie berichten über ein schmales Kollagenband vom Typ I in der superfiziellen Schicht unmittelbar unter dem Stimmlippenepithel. In der mittleren Schicht konnten sie Kollagen vom Typ III nachweisen. Die tiefe Schicht zeigte ein dichtes Netzwerk aus beiden Kollagentypen, die mit dem Musculus vocalis verflochten waren. Prades et al. [2010] kamen zu denselben Ergebnissen.

Die einzelnen Schichten der Lamina propria eines gesunden Individuums weisen demnach eine spezifische, quantitativ unterschiedliche Zusammensetzung der extrazellulären Matrix auf, die an die entsprechenden mechanischen Ansprüche der jeweiligen Schichten angepasst ist.

Deshalb kann sich das lockere und gut bewegliche Gewebe des Reinkeschen Raumes, das „Cover“, während der Phonation gegenüber den tieferen Schichten, dem „Body“ verschieben und oszillieren [Allen 2010]. Dieser Vorgang wird auch als Randkantenverschiebung bezeichnet [Fleischer et al., 2006] und ist Voraussetzung für eine regelrechte Stimmlippenvibration während der Phonation.

Kollagene [Madruga de Melo et al., 2003] und elastische Fasern [Sato et al., 1998] sind zudem in einer komplexen, dreidimensionalen Struktur organisiert, die die viskoelastischen Eigenschaften der Stimmlippen während der Phonation maßgeblich beeinflusst.

Vernarbungen der Stimmlippen können als reparatives Ersatzgewebe verstanden werden, welches sich nach Verletzungen oder operativen Eingriffen im Rahmen des Heilungsprozesses ausbildet.

Fibroblasten, die eine Vielzahl aller am Aufbau der extrazellulären Matrix beteiligten Substanzen synthetisieren, werden während des Heilungsprozesses stimuliert. Hirano et al. [1999] vermuteten bereits eine Aktivierung der Fibroblasten im Reinkeschen Raum durch Traumatisierung des Stimmlippengewebes.

In tierexperimentellen Studien konnte gezeigt werden, dass das reparative Ersatzgewebe auf molekularer Ebene einer Modifizierung der spezifischen Zusammensetzung der Bestandteile der extrazellulären Matrix der Lamina propria entspricht [Tateya et al., 2005; 2006].

Kollagenfasern der Lamina propria zeigten in Tierversuchen zwei Monate nach Eintreten des Vernarbungsprozesses eine verdickte, desorganisierte Struktur [Rousseau et al., 2003]. Sechs Monate später war der Kollagengehalt des Narbengewebes erhöht, und die Kollagenfibrillen hatten sich in dicken Bündeln organisiert [Rousseau et al., 2004].

Zapater et al. [2009] zeigten in einer klinischen Studie an 12 Patienten mit Stimmlippenvernarbungen nach Chordektomien, dass der Kollagengehalt der Stimmlippen in allen Schichten erhöht war.

Darüber hinaus zeigte die Lamina propria vernarbter Stimmlippen in Tierexperimenten eine Verringerung [Thibeault et al., 2002; Thibeault 2005] und einen Strukturverlust [Rousseau et al., 2003; 2004] elastischer Fasern.

Die erhöhte Kollagendichte mit gleichzeitiger Verringerung der elastischen Fasern sowie die feinstrukturellen Veränderungen der Kollagen- und Elastinfasern der extrazellulären Matrix der Lamina propria führen zu einer Zunahme der Viskoelastizität bzw. zu einer Versteifung des Stimmlippengewebes.

Direkte Folge davon ist eine verringerte Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen während der Phonation. Insbesondere durch die Fibrosierung des lockeren und gut verschieblichen Gewebes im Reinkeschen Raum ist während der Phonation kaum noch eine physiologische Randkantenverschiebung möglich oder diese sogar vollständig aufgehoben.

Kollagen und Elastin sind die entscheidenden Substanzen im Vernarbungsprozess der Stimmlippen.

Weitere Bestandteile der extrazellulären Matrix der Lamina propria, wie z.B. Proteoglycane [Gray et al., 1999] und unter diesen besonders Hyaluronsäure [Rousseau et al., 2004; Chan et al., 2001], beeinflussen ebenfalls die viskoelastischen Eigenschaften der Lamina propria, weshalb die Bedeutung dieser Moleküle im Vernarbungsprozess der Stimmlippen in der Zukunft weiterhin intensiv erforscht werden muss [Hirano 2005].

## 2 Zielsetzung der Studie

Bisher kann nach Stimmlippenvernarbungen die ursprüngliche Struktur der Lamina propria, entsprechend der eines gesunden Individuums mit intakter Randkantenverschiebung, therapeutisch nicht wiederhergestellt werden.

Durch stimmverbessernde Operationen kann eine Stimmlippenvernarbung bislang lediglich korrigiert, d.h. durch eine neue Narbe ersetzt werden, die im günstigsten Falle die Stimm- und damit auch die Lebensqualität der Patienten verbessert [Glanz 2005].

Diese klinische Studie untersucht an einem großen Patientenkollektiv die Ergebnisse unterschiedlicher operativer Therapieansätze zur Behandlung von Stimmlippenvernarbungen.

Die subjektive Beurteilung der Patienten im Hinblick auf ihre Stimm- und Lebensqualität nach stimmverbessernden Operationen stellt dabei das wichtigste Kriterium zur Beurteilung eines Operationserfolges dar.

Außerdem sollen subjektive Verbesserungen der Stimm- und Lebensqualität, sofern sie erreicht werden konnten, anhand objektiver Messparameter belegt werden.

Fragen dieser Studie sind:

1. Kann durch narbenkorrigierende Operationen der Stimmlippen für die Patienten eine subjektive Verbesserung in Bezug auf ihre Stimmqualität erreicht werden?
2. Kann durch narbenkorrigierende Operationen der Stimmlippen für die Patienten eine subjektive Verbesserung in Bezug auf ihre Lebensqualität erreicht werden?
3. Können subjektiv empfundene Verbesserungen der Stimm- und Lebensqualität nach narbenkorrigierenden Operationen der Stimmlippen anhand akustisch objektiver Parameter belegt werden?
4. Kann anhand der Klassifizierung der verschiedenen Chordektomietypen in Anlehnung an die Richtlinien der European Laryngological Society (ELS) [Remacle et al., 2000] eine Klassifizierung für Stimmlippenvernarbungen etabliert werden, aus der sich entsprechende operative Therapieansätze ableiten lassen?

### 3 Vokaltrakt und Sprachphysiologie

#### 3.1 Anatomie des Kehlkopfes

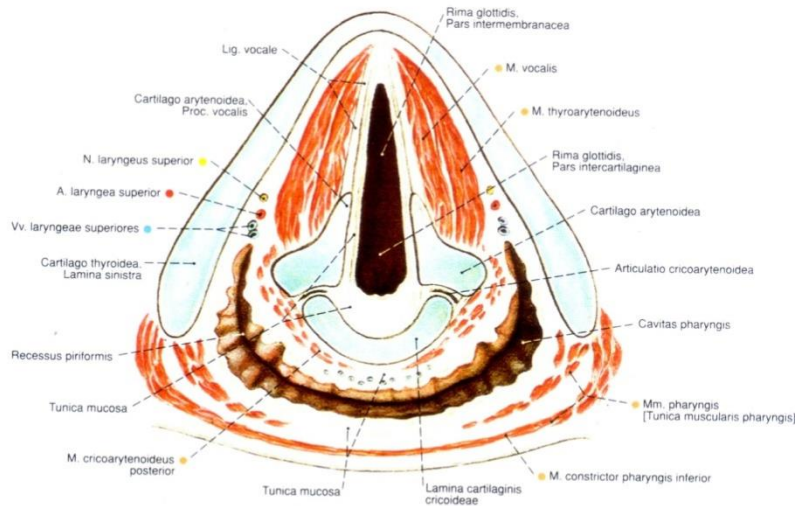


Abb. 244 Kehlkopf, Larynx;  
Querschnitt in Höhe der Stimmbänder;  
von oben (200%).

Abbildung 2: Larynx, Querschnitt in Höhe der Stimmbänder; von kranial. Aus Sobotta „Atlas der Anatomie des Menschen“, Band 1, 21. Auflage, Urban & Fischer Verlag, 2000

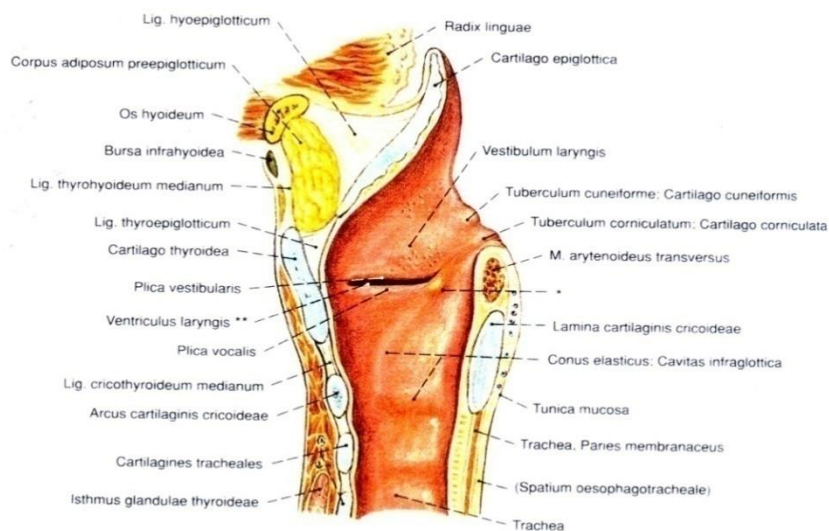


Abb. 239 Kehlkopf, Larynx;  
Medianschnitt;  
von medial (re, 90%).

\* Klinisch Macula flava genannt, da das elastische Gewebe gelblich durch die Schleimhaut schimmert  
\*\* Klinisch: MORGAGNISCHE Tasche

Abbildung 3: Larynx, Medianschnitt. Aus Sobotta „Atlas der Anatomie des Menschen“, Band 1, 21. Auflage, Urban & Fischer Verlag, 2000

### **3.2 Entwicklungsgeschichtliche Betrachtung der Kehlkopffunktion**

Vom entwicklungsgeschichtlichen Standpunkt aus betrachtet ist der Kehlkopf primär ein Organ des Respirationstraktes mit Ventilfunktion. Es ist die engste Stelle des Atemtraktes. Die Ventilfunktion des glottischen Sphinkters gestattet die willkürliche Regulation der Ein- und Ausfuhr von Atemluft. Durch Verschluss des glottischen Sphinkters während der Expiration steigt der subglottische und intraabdominelle Druck. Dies ermöglicht den Einsatz der Bauchpresse. Ohne diesen Mechanismus wäre z.B. das Anheben und Tragen schwerer Gegenstände nur eingeschränkt möglich. Außerdem verhindert die dem Kehlkopf angehörende Epiglottis bei Nahrungsmittelaufnahme die Aspiration von Speisen in die Luftröhre.

Die Phonation ist entwicklungsgeschichtlich eine sekundäre Funktion des glottischen Sphinkters [Kruse et al., 1997]. Dennoch gibt es zwei supraglottische Ersatzsphinkteren im Kehlkopf, den Taschenfaltensphinkter und den aryepiglottischen Sphinkter. Sollte die Glottis, z.B. aufgrund einer starken Vernarbung der Stimmlippen, in ihrer Funktion beeinträchtigt sein, können diese Ersatzsphinkteren zur Phonation rekrutiert werden. Somit kann der Funktionsverlust der Glottis teilweise kompensiert werden.

Kruse et al. [1997] differenzierten hierbei zwischen vier unterschiedlichen postoperativen Ersatzphonationsmechanismen.

Zwei dieser Ersatzphonationsmechanismen lagen auf glottischer Ebene und zwei weitere auf supraglottischer Ebene:

1. Glottische Ersatzphonation mit Schwingung beider Stimmlippen
2. Glottische Ersatzphonation ohne Schwingung der operierten Stimmlippe
3. Ventrikuläre Ersatzphonation (Taschenfaltenstimme)
4. Aryepiglottische Ersatzphonation

Es zeigten sich in der Gruppe der Ersatzphonationsmechanismen deutliche Unterschiede bezüglich der akustisch objektiv analysierten postoperativen Stimmqualität.

Tendenziell schienen die glottischen Ersatzphonationsmechanismen den supraglottischen überlegen. Eine glottische Ersatzphonation mit Schwingung beider Stimmlippen generierte die beste Stimmqualität.



### 3.3 Physiologie der Stimmproduktion im Kehlkopf

Die menschliche Stimme wird erzeugt durch ein komplexes und koordiniertes Zusammenspiel mehrerer voneinander abhängiger Organe und Organsysteme [Sataloff et al., 1997; Benninger 2011]. Der Stimmtrakt des Menschen lässt sich anatomisch anhand der Glottis in drei verschiedene Kompartimente einteilen.

Zur infraglottalen Einheit zählen nur Atmungsorgane und Atemmuskeln, also beide Lungenflügel sowie die gesamte Atem- und Atemhilfsmuskulatur.

Die Glottis selbst bildet die Grenze zwischen der infra- und supraglottalen Einheit. Sie wird gebildet von den Stimmlippen, den Stimmlippenmuskeln, den Stellknorpeln und dem Conus elasticus. Sie repräsentiert den eigentlichen stimmbildenden Teil des Kehlkopfes und funktioniert wie ein durch Luftströmungen angetriebener Oszillator [Titze 1988; Berke et al., 1993].

Der supraglottale Anteil umfasst den Hypo-, Oro- und Nasopharynx sowie die Zunge, Mundhöhle und die Lippen. Darüber hinaus dienen die paranasalen Sinus als Resonanzräume und beeinflussen den Stimmklang [Chen et al., 1997; Hoseman et al., 1998; Viswanath et al., 2000]. Im sogenannten Ansatzrohr wird dabei die Teiltonstruktur des Primärklanges resonatorisch überformt, es bilden sich die speizientypischen Formanten aus.

Der physiologische Phonationsakt verläuft in identischen, sich wiederholenden Schwingungszyklen. Die Auslenkungen der Schleimhaut während der Stimmlippenschwingungen werden in horizontaler und vertikaler Richtung vollzogen [Voigt et al., 2010; Krausert et al., 2011].

Ermöglicht werden diese Stimmlippenschwingungen durch den sogenannten Reinkeschen Raum, d.h. das lockere, gut verschiebliche muköse Gewebe der Lamina propria superficialis.

Es soll nun der Entstehungsmechanismus einer vertikalen Stimmlippenschwingung beschrieben werden:

Zu Beginn eines jeden Zyklus befindet sich die Glottis in der sogenannten Phonationsstellung. In dieser Stellung ist die Glottis geschlossen, und es besteht kein sub- und supraglottaler Druckgradient.

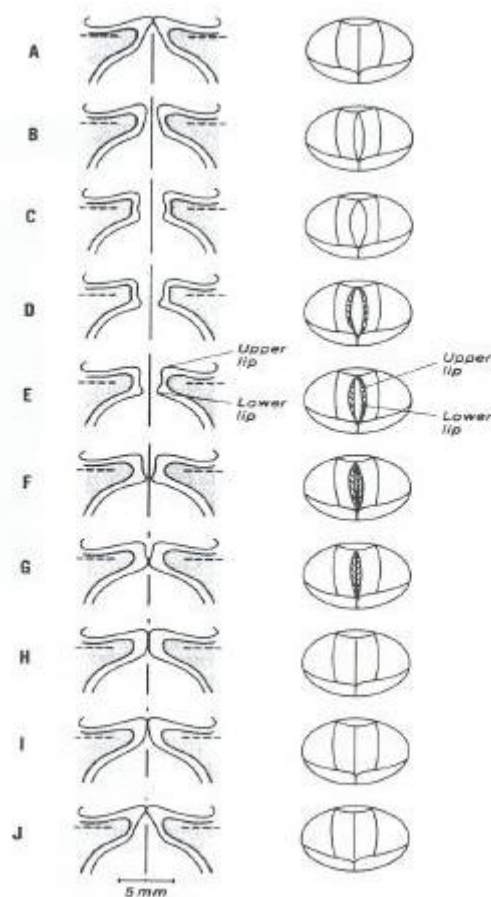


Figure 13-2. Schematic presentation of normal vocal fold vibration. (Reproduced with permission from Hirano, ref. 1.)

**Abbildung 4: Schematische Darstellung einer physiologischen Stimmlippenschwingung nach Hirano aus:**

**„Änderung stimmlicher Parameter, ermittelt durch elektroakustische Messverfahren vor und nach phonochirurgischen-mikrolaryngoskopischen Eingriffen“, Magisterarbeit, vorgelegt von Jutta Quint, Universität Trier, 2005**

Bei Ausatmung steigt der subglottale Druck bedingt durch Erschlaffung der Atemmuskulatur und die passiven Rückstellkräfte des Thorax stetig an. Schließlich übersteigt der subglottische den supraglottischen Druck. Als Folge werden die Stimmlippenpolster von kaudal nach kranial angehoben bis die Glottis schließlich vollständig geöffnet ist und einen nach oral gerichteten Luftstrom ermöglicht.

Die Geschwindigkeit des Luftstromes durch die geöffnete Glottis nimmt im Bereich des Conus elasticus stetig zu. Dadurch wird über den sogenannten Bernoulli-Effekt ein subglottaler Unterdruck erzeugt. Durch diesen entsteht ein Sog, der im Zusammenspiel mit den elastischen Rückstellkräften der Kehlkopfmuskulatur den Schluss der Stimmritze hervorruft. Ein Schwingungszyklus ist hiermit beendet.

Die Frequenz der Stimmlippenschwingungen, gemessen in Hertz [Hz], gibt die Anzahl der durchlaufenen Öffnungs- und Schließungszyklen pro Sekunde an.

Durch Stimmlippenschwingungen werden zunächst nur die sogenannten Primärtöne erzeugt, welche dann durch eine charakteristische Modulation im gesamten Pharynx resonatorisch überformt werden sowie durch phonemspezifische Stellungen von Mund, Zunge, Lippen und Beteiligung der Nasennebenhöhlen zu Lauten umgewandelt werden.

### **3.4 Mehrdimensionalität der Stimme**

Die Funktion der menschlichen Stimme ist mehrdimensional [Hirano 1989].

Das individuelle Klangbild der menschlichen Stimme ist aus physikalischer Sicht ein äußerst komplexes Phänomen. Sie ist das Resultat aus einem Zusammenspiel vieler einzelner, individuell unterschiedlicher anatomischer und physiologischer Faktoren [Benninger 2011; Mürbe et al., 2011].

Diese Komplexität erfordert viel Erfahrung in der Evaluation der Stimme. Wichtige perzeptive Parameter zur Beurteilung sind:

- Mittlere Sprechstimmlage oder Grundfrequenz der Stimme sowie ihre Modulation (Stimmelmelodie)
- Lautstärke der Stimme sowie ihre Modulation (Stimmdynamik)
- Atemtechnik
- Stimmeinsatz
- Rauigkeit und Behauchtheit der Stimme
- Heiserkeit der Stimme (als Gesamteindruck zur Stimmqualität)
- Stimmklang

## **4 Material und Methoden**

### **4.1 Das Patientenkollektiv**

Zwischen 1996 und 2007 unterzogen sich insgesamt 70 Patienten einer oder mehrerer narbenkorrigierenden stimmverbessernden Operationen in der Abteilung für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Gießen.

Der Zeitraum zwischen den stimmverbessernden Operationen und anschließenden Nachkontrollen eines Patienten sowie der gesamte Behandlungszeitraum eines Patienten bis zum Abschluss seiner Therapie waren individuell unterschiedlich. Es bestand kein Mindestbeobachtungszeitraum für die einzelnen Patienten.

Das Patientenkollektiv setzte sich aus 20 Frauen und 50 Männern zusammen.

Das Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs lag bei 63 Jahren. Der älteste Patient war 86 Jahre, der jüngste Patient 30 Jahre. Zwei männliche Patienten wurden von der Berechnung des Durchschnittsalters ausgeschlossen, da sie bereits verstorben waren. Dennoch wurden ihre Daten bei der statistischen Auswertung der Studie berücksichtigt.

### **4.2 Lebensqualität/Selbstevaluation**

Zur Evaluation der aktuellen Lebensqualität der Patienten wurden standardisierte Fragebögen der European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC) verwendet. Es handelte sich dabei um den EORTC QLQ-C30 [De Haes et al., 2000, Bjordal et al., 1994] Fragebogen sowie um das ergänzende Fragemodul EORTC QLQ-H&N 35 [Bjordal et al., 1999; Sherman et al., 2000], das speziell für maligne Erkrankungen im Kopf-Hals-Bereich entworfen wurde (s.a. Anhang, 16.4). Aus beiden Fragebögen wurden insgesamt neun ausgewählte Fragen zur Beurteilung der Lebensqualität der Patienten herangezogen.

### 4.3 Dokumentation und Funktionsanalyse

Die Auswahl der anonymisierten Patientendaten erfolgte speziell im Hinblick auf narbenkorrigierende stimmverbessernde Operationen.

Die anonymisierten Daten für die statistische Auswertung entstammen der Datenbank des HNO-Universitätsklinikums Gießen.

Um den Erfolg der unterschiedlichen Therapieoptionen adäquat beurteilen zu können, wurde das Patientenkollektiv in fünf verschiedene Therapiegruppen unterteilt:

1. Medialisierungen
2. Komplexe Narbenkorrekturen
3. Synechien
4. Isolierte Narbenkorrekturen
5. Verschiebelappenplastiken
6. Gesamtkollektiv der Gruppen 4. und 5.

Bei einem Großteil der Patienten wurden mehrere stimmverbessernde Operationen durchgeführt, so dass die Anzahl der durchgeführten Operationen an den einzelnen Patienten des Kollektivs variiert und einige Patienten mehr als nur einer Gruppe zugeordnet wurden.

Insgesamt wurde von siebzig Patienten eine prä- und postoperative Bewertung ihrer Stimmqualität vorgenommen. Da die subjektive Bewertung der Stimmqualität durch die Patienten in dieser Studie das entscheidende Kriterium zur Beurteilung eines Operationserfolges darstellt, wurde die Gesamtzahl des untersuchten Patientenkollektivs deshalb mit siebzig angegeben.

Alle weiteren in dieser Studie untersuchten, subjektiven und objektiven Parameter wurden an unterschiedlich großen, anonymisierten Patientenpopulationen von weniger als siebzig Individuen untersucht.

## **4.4 Stimmdiagnostik**

### **4.4.1 Das Basisprotokoll der European Laryngological Society (ELS)**

Die praktische Grundlage für die objektive Stimmanalyse basiert auf dem Basisprotokoll der European Laryngological Society (ELS) von 2001 [Dejonckere et al., 2001]. Letzteres beinhaltet:

- Objektive Analyse akustischer Parameter
- Objektive Analyse aerodynamischer Parameter
- Subjektive Beurteilung der Stimme durch den Untersucher
- Selbsteinschätzung der Stimme durch den Patienten
- Videolaryngostroboskopie

#### **4.4.1.1 Die objektive Analyse**

Die objektive Analyse der akustischen Parameter erfolgte mit Hilfe des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes.

Zusätzlich wurden durch sogenannte Stimmumfangsprofiluntersuchungen die stimmlichen Leistungsgrenzen der Patienten ermittelt.

Die objektive Analyse der Aerodynamik erfolgte über die Errechnung des Phonationskoeffizienten [PQ].

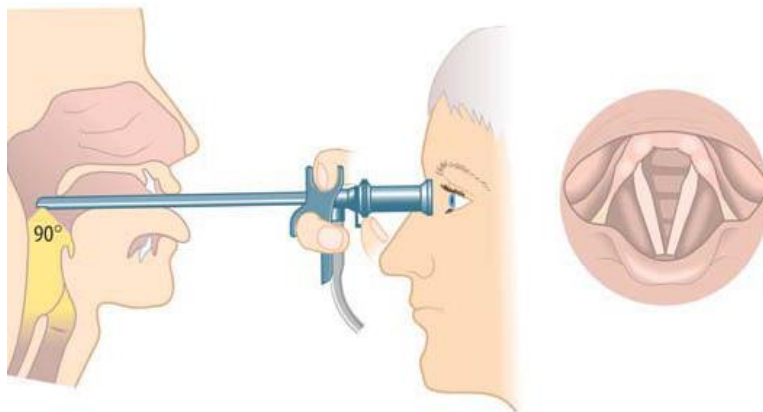
#### **4.4.1.2 Die subjektive Analyse**

Dieser Ansatz erfordert vom Untersucher die Beurteilung perzeptiver Stimmparameter. Ein Stimmsample des Standardtextes „Nordwind und Sonne“ wird aufgezeichnet und bewertet. In der Klinik hat sich hierfür die Anwendung der RBH-Skala als Standardverfahren etabliert. R steht für Rauigkeit, B für Behauchtheit und H für Heiserkeit der Stimme. Für die einzelnen Komponenten werden Punkte von 0 bis 3 vergeben (0 Punkte: Merkmal nicht ausgeprägt, 1 Punkt: geringe Ausprägung, 2 Punkte: mäßige Ausprägung, 3 Punkte: starke Ausprägung). Außerdem können die Qualitäten „Anstrengung“ und „Kraftlosigkeit“ beurteilt werden.

Die perzeptive Beurteilung der Stimmqualität der Patienten erfolgte durch eine erfahrene Logopädin anhand des RBH-Schemas (s. Anhang 16.5, Abbildung 29).

#### 4.4.1.3 Die indirekte Laryngoskopie

Die indirekte Laryngoskopie dient der Beurteilung endopharyngealer sowie endolaryngealer Strukturen. In der HNO-Universitätsklinik-Gießen wurden bei der Durchführung starre Endoskope mit einer vergrößernden Weitwinkeloptik (meist 90 Grad) verwendet. Letztere bestehen aus einem distalen Objektiv, einem Bildübertragungssystem und dem Okular. Über ein Glasfaserkabel ist das Endoskop mit einer Kaltlichtquelle verbunden, um den Endolarynx auszuleuchten. Im Gegensatz zur klassischen Laryngoskopie mit Stirnspiegel, Lichtquelle und Stimmreflektor erfolgt keine Bildumkehr der endolaryngealen Strukturen. Der Patient sitzt dem Untersucher aufrecht gegenüber, und der Mund ist weit geöffnet. Die herausgestreckte Zunge wird in der linken Hand des Untersuchers mit einer Mullbinde fixiert und leicht nach vorne gezogen, so dass die Epiglottis steiler steht und endolaryngeale Strukturen besser eingesehen werden können.

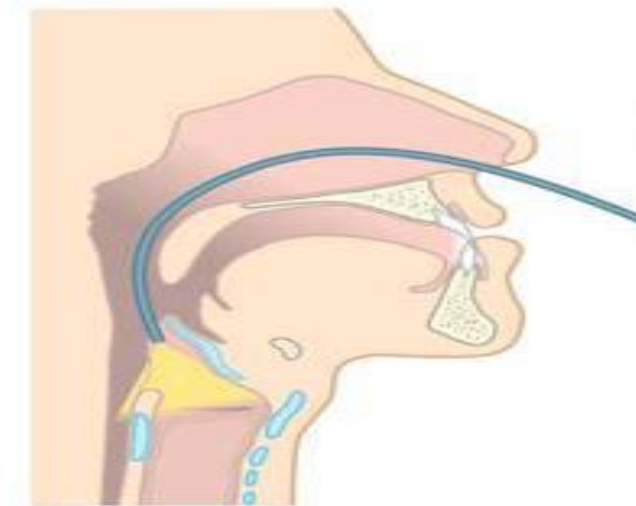


**Abbildung 5: Lupenlaryngoskopie mit starrer 90° Winkeloptik, aus „HNO“, Boenninghaus, Lenarz, 12. Auflage, Springer Verlag**

Mit der rechten Hand führt der Untersucher nun ein starres Lupenlaryngoskop mit vergrößernder Weitwinkeloptik über den Mund des Patienten vorsichtig bis kurz vor die Rachenhinterwand ein. Letztere sollte nicht berührt werden, um die Provokation des Würgereflexes zu vermeiden. Nun wird der Patient aufgefordert, den Laut „Hi“ zu phonieren und möglichst lange auszuhalten. Dadurch stellt sich die Epiglottis nochmals steiler und die Einsicht in den Larynx wird erleichtert. Außerdem kann so anhand des phonatorischen Stimmlippschlusses die Beweglichkeit der Aryknorpel beurteilt werden.

Besteht ein starker Würgereflex bei einem Patienten, so kann die Rachenhinterwand mit Xylocain-Spray vorübergehend anästhesiert werden, um die Untersuchung zu erleichtern.

Sollte eine Lupenlaryngoskopie aufgrund der anatomischen Verhältnisse oder Incompliance des Patienten nicht möglich sein, können flexible fiberoptische Endoskope eingesetzt werden. Diese werden transnasal bis in den Larynxbereich vorgeschoben. Die Bildqualität der starren Endoskope wird mit dieser Methode nur annähernd erreicht.



**Abbildung 6: Flexible Kehlkopfendoskopie aus „HNO“, Boenninghaus, Lenarz, 12. Auflage, Springer Verlag**

#### **4.4.1.4 Die Videolaryngostroboskopie**

Sie ist ein visuelles Verfahren zur Beurteilung der Schwingungseigenschaften der Stimmlippen, welches technisch von der indirekten Laryngoskopie abgeleitet ist.

Die visuelle Darstellung der Stimmlippenschwingungen erfordert eine subjektive Beurteilung des Stimmlippenbefundes [Krausert et al., 2011], die nur basierend auf einem soliden klinischen Erfahrungsschatz durch einen klinisch erfahrenen Arzt adäquat erfolgen kann [Woo et al., 1994 a].

Im Allgemeinen versteht man unter einer Stroboskopie die Beleuchtung bewegter Gegenstände mit schneller Blitzfolge. Bewegungsabläufe können so in rasch aufeinanderfolgende Einzelbilder zerlegt werden. Nach einer computergestützten Auswertung können die aufgenommenen Bewegungsabläufe dann in scheinbarer Zeitlupe betrachtet werden.



In der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde macht man sich dieses Phänomen zur visuellen Beurteilung des Schwingungsablaufes der Stimmlippen zunutze.

Die Videolaryngostroboskopie ist ein nichtinvasives, endoskopisches Untersuchungsverfahren. Ein starres Endoskop mit einer 70° Winkeloptik wird mit der stroboskopischen Lichtquelle verbunden. Am Kehlkopf des Patienten wird ein Mikrofon befestigt. Bei Phonation ermöglicht dies eine Synchronisation der über das Mikrofon abgeleiteten Stimmfrequenz an die Blitzfrequenz der stroboskopischen Lichtquelle. So kann ein Standbild der Stimmlippen in Phonationsstellung erzeugt werden. Durch eine Phasenverschiebung der Lichtblitzfrequenz gegenüber der Stimmfrequenz können die Stimmlippenschwingungen bei Phonation in Zeitlupe betrachtet werden. Da die Stimmlippen mit Frequenzen von bis zu 1000 Hz schwingen und mit bloßem Auge oder herkömmlichen Kameras nicht beurteilt werden können, bietet die Darstellung in Zeitlupe entscheidende Vorteile. Sie gestattet unter anderem die Darstellung asymmetrischer Schwingungseigenschaften der Stimmlippen, struktureller Anomalien, Raumforderungen oder submuköser Vernarbungen [Sataloff et al., 1991].

In der Diagnostik stimmpathologischer Prozesse und zur Beurteilung von Therapieverläufen nimmt die Videolaryngostroboskopie daher eine Schlüsselrolle ein [Bless et al., 1987; Sataloff et al., 1991; Remacle 1996; Colden et al., 2000; Fleischer et al., 2006]. Für die Quantifizierung der Stimmlippenschwingungen werden folgende stroboskopische Parameter berücksichtigt:

- Phonationsebene
- Stimmlippenschwingung
- Vollständiger oder insuffizienter Glottisschluss bei Phonation
- Vorliegen von Synechien in der vorderen Kommissur der Stimmlippen

Ein weiterer Vorteil der Videolaryngostroboskopie liegt in der Möglichkeit der digitalen Archivierung dieser Untersuchung. So können auch nach stattgefundener Untersuchung weitere Beurteilungen des Befundes erfolgen.

## 4.5 Stimmgüteparameter

Zum besseren Verständnis der im Folgenden dargelegten Stimmgüteparameter stelle man sich die gesunde menschliche Stimme vereinfacht als eine periodische Schwingung vor, die, dargestellt in einem zweidimensionalen Koordinatensystem, der Form einer regelmäßig um den Nullpunkt schwankenden Sinuskurve gleicht.

### 4.5.1 Rauigkeit

#### 4.5.1.1 Jitter und Shimmer - Maße der Periodenschwankungen

Jitter und Shimmer sind stimmliche Pertubationsmaße bzw. Störgrößen. Je höher ihr gemessener Anteil am Stimmbild ist, desto stärker weicht das Stimmbild von der physiologischen Norm ab.

Der Begriff Jitter, auch als Frequenzmodulationsrauschen bezeichnet, beschreibt die Abweichung der Länge einzelner Perioden von einem lokalen Periodenlängenmittelwert. Unterschiede in der Momentanfrequenz der Perioden von weniger als 1% sind physiologisch und können akustisch nicht als Stimmveränderung wahrgenommen werden.

Bei Vorliegen von Pathologien im Bereich des Stimmbildungsapparates, wie z.B. Stimmlippenvernarbungen oder Kehlkopftumoren, kann sich dieser Wert jedoch deutlich über die 1%-Marke erhöhen.

Dies führt nicht nur zur Wahrnehmung von Rauigkeit, sondern kann zusätzlich tatsächliche Tonhöhenschwankungen zur Folge haben.

Der Begriff Shimmer, auch als Amplitudenmodulationsrauschen bezeichnet, beschreibt die Abweichung einzelner Amplituden von einem lokalen Amplitudenmittelwert. Geringe Schwankungen der Amplituden sind natürlich und haben keine wahrnehmbare Auswirkung auf den Stimmklang. Erst bei Überschreitung eines Grenzwertes wird das Klangbild der Stimme verzerrt und vom Untersucher zunehmend als rau empfunden.

Je höher also der Anteil der Pertubationsmaße Jitter und Shimmer an der Stimme ist, desto ausgeprägter ist ihre perzeptive Rauigkeit.

#### **4.5.1.2 Der Periodenkorrelationswert oder Mean-Waveform-Matching-Coefficient**

Der Periodenkorrelationswert wurde in der Dissertation von Michaelis [1999] durch das sogenannte Waveform-Matching-Verfahren bestimmt. Dies ist ein nicht ereignisbasiertes integrales Verfahren, das die gesamte Information zweier aufeinanderfolgender Schwingungszyklen nutzt, um ihre Periodenlänge zu berechnen.

Durch parabolische Interpolation des Maximums kann die Periodenlänge zweier aufeinanderfolgender Schwingungszyklen nach diesem Verfahren sehr viel exakter bestimmt werden als nach der ereignisbasierten Periodenlängenbestimmungen.

Als Ergebnis dieses Verfahrens kann schließlich der maximale Korrelationswert errechnet werden. Letzterer gestattet es nicht nur, eine Aussage über die Periodenlänge einzelner Schwingungszyklen zu treffen, sondern liefert zusätzlich Aufschluss über die Signalform von zwei Perioden.

Der Periodenkorrelationswert kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je größer der Wert ist, desto stärker ist die Korrelation zwischen zwei Schwingungszyklen und desto ähnlicher sind sich die Schwingungszyklen. Der Stimmklang ist demnach umso harmonischer, je näher sich dieser Wert gen 1 bewegt.

Tendiert dieser Wert jedoch gegen Null, und die Korrelation ist damit sehr gering, so liegen zwei in Länge und Signalform sehr unregelmäßige bzw. unharmonische Schwingungszyklen vor.

#### **4.5.2 Behauchtheit**

Das Maß der glottal-to-noise-excitation-ratio (GNE) wurde von Kruse und Kollegen [1997] etabliert. Mit Hilfe dieser Messgröße lässt sich der Behauchtheitsgrad der Stimme quantifizieren. Das Maß der glottal-to-noise-excitation-ratio (GNE) kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

Eine physiologische, gesunde Stimme wird durch periodisch gleichmäßige Schwingungen der Stimmlippen erzeugt. In diesem Fall weist die GNE eines Probanden Werte auf, die nahezu bei 1 liegen.

Sich verringernde gegen Null tendierende glottal-to-noise-excitation-ratio (GNE) Werte weisen hingegen auf eine pathologische Stimmbildung hin. In diesem Fall führen unphysiologische Verengungen in Kehlkopf oder Vokaltrakt, die vor allem bei malignen Neubildungen auftreten können, zu turbulenten Luftströmungen, die als Hauchlaut wahrgenommen werden.

Auch Vernarbungen der Stimmlippen können aufgrund eines Substanzdefizites zu turbulenten Luftströmungen führen.

Nach operativen Eingriffen an den Stimmlippen entsteht neben der Stimmlippenvernarbung meist ein Substanzdefizit der Stimmlippen. Je nach Ausmaß der Gewebesektion entstehen dadurch unterschiedlich ausgeprägte Glottisinsuffizienzen während der Phonation.

Hieraus resultiert ein unvollständigerer Stimmlippenschluss während der Phonation. Dementsprechend verbleibt ein Restspalt in der Stimmritze und anstatt einer normalen Stimmlippenschwingung kommt es zu einem gesteigerten Luftfluss über die Glottis mit erhöhtem Luftverbrauch und –verwirbelungen.

## **4.6 Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm**

### **4.6.1 Allgemeines**

Michaelis [1999] stellte das Göttinger Heiserkeitsdiagramm in seiner Dissertation vor. Heiserkeit wird, entsprechend der Theorie des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes, als ein globales Symptom von Stimmstörungen verstanden, das sich aus zwei grundlegenden Komponenten zusammensetzt: Rauigkeit und Behauchtheit.

Rauigkeit und Behauchtheit sind immer zu einem physiologischen Anteil im Stimmfeld eines Normalsprechenden vorhanden, führen jedoch zu keiner wahrnehmbaren Stimmveränderung.

Überschreitet ihr Anteil jedoch festgeschriebene Normwerte, so deutet dies auf eine etwaige zugrundeliegende Stimmstörung als Ursache hin.

Anhand einer graphischen Gegenüberstellung von Rauigkeit und Behauchtheit ermöglicht das Göttinger Heiserkeitsdiagramm die visuell objektive Beurteilung der Stimmgüte eines Patienten:

In einem zweidimensionalen Koordinatensystem beschreibt die horizontale Achse den Irregularitätsanteil (Rauigkeit) und die vertikale Achse den Rauschanteil (Behauchtheit) der Stimme. Die auf der Abszisse aufgetragene Irregularitätskomponente kann Werte zwischen 0 und 10 und die auf der Ordinate abgebildete Rauschkomponente Werte zwischen 0 und 5 annehmen.

Beide dieser Stimmqualitäten korrelieren jeweils mit unterschiedlichen Stimmgüteparametern.

Während die Stimmgüteparameter Jitter, Shimmer und der Periodenkorrelationswert sehr stark untereinander korreliert sind und in ihrer Gesamtheit den Rauigkeits- bzw. Irregularitätsgrad der Stimme quantifizieren, ist die GNE kaum mit letzteren korreliert. Die GNE beschreibt den Behauchtheitsgrad bzw. den Rauschanteil einer heiseren Stimme. Sie ist also das Bewertungskriterium für eine zusätzliche, von Jitter, Shimmer und Periodenkorrelationswert gänzlich unabhängige Stimmeigenschaft.

Mit Hilfe dieser Visualisierung von akustischen Messwerten war es Fröhlich et al. [2000] möglich, innerhalb des zweidimensionalen Koordinatensystems ein Sprechfeld für „Normal Sprechende“ zu definieren.

Stimmfelder, die augenscheinlich außerhalb dieses Sprechfeldes liegen, gelten als pathologisch oder rechtfertigen zumindest eine weiterführende Diagnostik.

### **4.6.2 Erstellung des Göttinger Heiserkeitsdiagramms**

Das umfangreiche Aufnahmeprotokoll des Göttinger Heiserkeitsdiagramms gestattet die genaue Untersuchung der Stimme hinsichtlich der oben beschriebenen Stimmgüteparameter.

In der klinischen Praxis zeichnet sich dieses Verfahren besonders durch seine problemlose Anwendung, eine schnelle Durchführbarkeit und eine verständliche und übersichtliche Darstellung der Ergebnisse aus.

Die Erstellung erfordert vom Patienten das Phonieren einer Serie gehaltener Vokale in unterschiedlichen Tonhöhen. Deshalb verläuft der Untersuchungsablauf meist reibungslos und erfordert vom Patienten nur ein geringes Maß an Kooperationswillen.

Zur Anfertigung erfolgt die mehrmalige Aufnahme der folgenden Vokalreihe: [a:], [ä:], [e:], [i:], [o:], [u:]. Jeder Vokal sollte mindestens drei Sekunden lang gehalten werden. Ist dies aufgrund einer Stimmbeeinträchtigung nicht möglich, wird ein möglichst langes Stimmsample aufgenommen und analysiert. Das Aufnahmeschema gestaltet sich wie folgt:

1. In für den Patienten angenehmer Lautstärke werden die Vokale einzeln in der angegebenen Reihenfolge mit normaler Grundfrequenz phoniert
2. In für den Patienten angenehmer Lautstärke werden die Vokale einzeln in der angegebenen Reihenfolge mit vertiefter Grundfrequenz phoniert
3. In für den Patienten angenehmer Lautstärke werden die Vokale einzeln in der angegebenen Reihenfolge mit erhöhter Grundfrequenz phoniert.

Im Anschluss wird der Patient aufgefordert den Standardtext „Nordwind und Sonne“ in für ihn angenehmer Lautstärke vorzutragen. Nach dieser stimmlichen Belastung erfolgt eine weitere Phonation der Vokalreihe in normaler Grundfrequenz.

Insgesamt umfasst das Aufnahmeprotokoll somit die Phonation von 4x6 Vokalen bei unterschiedlichen Stimmlagen:

1. normal
2. vertieft
3. erhöht
4. nach Belastung

## 4.7 Die Stimmfeldmessungen

Die Stimmfeldmessung wurde von Damste [1970] beschrieben. Sie dient der Ermittlung der stimmlichen Leistungsgrenzen und sollte nach den Richtlinien der UEP (Union of European Phoniaticians) erfolgen.

Über ein Mikrofon werden verschiedene Stimmsamples eines Patienten aufgezeichnet und computergestützt ausgewertet. Der Computer erstellt anhand der ermittelten Daten einen Graphen in einem zweidimensionalen Koordinatensystem: Auf der Abszisse wird die Tonhöhe in Hertz [Hz] und Halbtönen [HT] abgetragen und auf der Ordinate der Schallpegel in Dezibel [dB].

Mit anderen Worten lässt sich die Stimmfeldmessung demnach als eine frequenzabhängige Schallpegelregistrierung beschreiben, die auf der Erfassung zweier Größen basiert, der Stimmintensität (Stimmintensität) und dem Stimmfrequenzumfang (Tonhöhenumfang). Diese können getrennt voneinander bei konstanter Grundtonfrequenz oder unabhängig von der Tonhöhe untersucht werden.

Der Stimmfrequenzumfang beschreibt die Frequenzbreite der Grundfrequenz  $F_0$  eines Grundtones in Hertz [Hz]. Die Stimmintensität ist die Differenz aus dem höchsten und niedrigsten gemessenen Schalldruckpegel eines Tons in Dezibel [dB].

Mit Hilfe dieser Untersuchung werden folgende Kenngrößen berechnet [Menzebach 2006]:

- Die dominante Stimmlage als Modalwert der Frequenzverteilung der Grundfrequenz  $F_0$  in Hertz [Hz].
- Die dominante Stimmintensität als Modalwert der Schalldruckpegelverteilung in Dezibel [dB], jeweils angegeben für die stimmhaften und stimmlosen Stimmsamples.
- Der Stimmfrequenzumfang des Stimmfeldes, angegeben in Hertz [Hz] und in Halbtönen [HT], bezogen auf die Grundfrequenz  $F_0$
- Der Stimmintensitätsumfang des Stimmfeldes, angegeben in Dezibel [dB].
- Die Fläche des Stimmfeldes in Flächeneinheiten

Wichtige Aspekte dieser Untersuchung sind die Überwachung und Dokumentation von Therapieverläufen sowie Qualitätssicherung und -kontrolle der Therapieerfolge bei chirurgischer und logopädischer Behandlung [Reker 1990; Speyer et al., 2003; Kramer 2009].

Die Visualisierung des Stimmfeldes erweist sich in der Praxis für die Patienten als großer Vorteil, da auf diese Weise die Einschränkungen oder Verbesserungen der individuellen Stimmleistung verständlich veranschaulicht werden können.

### **4.7.1 Das Lesestimmfeld**

Zur Bestimmung des Lesestimmfeldes liest der Patient den Standardtext „Der Nordwind und die Sonne“ in für ihn angenehmer Lautstärke und Stimmlage.

#### **4.7.2 Das Zähl- und Rufstimmfeld**

Der Patient spricht eine Zahlenreihe von 21 bis 30 aufwärts in das Mikrofon. Insgesamt wiederholt er diese Zahlenreihe dreimal, jeweils in normaler Sprechtonlage. Variiert wird lediglich die Stimmdynamik: zuerst spricht der Patient in einer für ihn angenehmen Lautstärke, dann mit möglichst lauter und zuletzt mit möglichst leiser Stimme. So kann die gesamte Breite der Stimmdynamik des Zählstimmfeldes bestimmt werden.

Zur Bestimmung des Rufstimmfeldes wurden die Patienten in der logopädischen Abteilung der Universitätsklinik Gießen aufgefordert zweimal möglichst laut den phonetisch ausgeglichenen Testsatz: „Anton, komm mal her“ zu rufen.

#### **4.7.3 Das Gesangsstimmfeld**

Mit dem Gesangsstimmfeld wird die Fähigkeit des Patienten bestimmt, reine Tonleitern und eine Tonleiter mit Schwelltönen zu singen.

Zur Ermittlung der reinen Tonleiter beginnt der Patient aus einer mittleren Tonlage heraus den Laut „La“ ansteigend bis in die für ihn höchstmögliche Tonlage zu singen.

Nach der gleichen Vorgehensweise wird die tiefst mögliche Tonlage bestimmt.

Die Bestimmung der Tonleiter mit Schwelltönen erfolgt ebenfalls nach dem oben beschriebenen Prinzip. Der einzige Unterschied ist das Singen von Schwelltönen anstelle von einfachen Tönen. Ein Schwellton bezeichnet einen im Verlauf der Intonation kontinuierlich lauter werdenden Ton. Insgesamt erfordert die Bestimmung des Gesangsstimmfeldes eine große Compliance vom Patienten und setzt beim Singen der Tonleitern ein Mindestmaß an Musikalität voraus.

### **4.8 Aerodynamik**

Zur Beurteilung der aerodynamischen Verhältnisse bei Phonation wurde in dieser Arbeit, gemäß den Richtlinien der European Laryngological Society (ELS), der Phonationsquotient (PQ) bestimmt.

Zur Ermittlung dieses Quotienten müssen für jeden Patienten zwei Parameter ermittelt werden: Zum einen die maximale Phonationszeit (MPT) in Sekunden und zum anderen die Vitalkapazität (VC) der Lunge in Millilitern.



Zur Bestimmung der maximalen Phonationszeit wird der Patient aufgefordert den Vokal [a:] nach maximaler Inspiration in für ihn angenehmer Lautstärke und Tonlage so lange wie möglich zu halten. Dieses Procedere wird dreimal wiederholt und dasjenige Stimmsample mit der längsten Phonationszeit notiert.

Die Vitalkapazität der Lunge bildet die Summe aus drei weiteren Lungenvolumina. Hierzu zählen das Atemzugvolumen sowie das inspiratorische und das expiratorische Reservevolumen. Ermittelt werden kann die Vitalkapazität (VC) mit Hilfe eines Spirometers. Dabei wird die Vitalkapazität (VC) der Lunge über die Volumenveränderung der über den Mund ausgeatmeten Luft von der maximalen Inspiration bis zur maximalen Expiration gemessen.

Aus diesen Werten kann schließlich der Phonationsquotient (PQ),  $PQ = VC [ml] / MPT[sec]$ , errechnet werden (s. Anhang 16.5, Abbildung 29).

Dieses körpergrößenunabhängige Maß gestattet es, den Luftfluss über die Glottis während der Phonation zu beurteilen. Zur Quantifizierung von Substanzdefekten der Stimmlippen, die z.B. nach Resektion von Stimmlippengewebe oder Traumata auftreten kann, ist dieses Maß daher sehr aussagekräftig.

## 4.9 Selbstevaluation

Eine zentrale Stellung in dieser Studie nimmt die Frage nach der Lebensqualität der Patienten mit Stimmlippenvernarbungen ein.

Die Lebensqualität der Patienten wurde vor und nach den narbenkorrigierenden Operationen erfasst, um so den Erfolg der stimmverbessernden Operationen beurteilen zu können.

Zur Quantifizierung der Lebensqualität wurden insgesamt neun ausgewählte Fragen aus zwei standardisierten Fragebögen der European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) von den Patienten beantwortet. Es handelt sich hierbei um den EORTC QLQ-C30 sowie das ergänzende Modul, den EORTC QLQ-H&N35 (s. Anhang 16.4, Abbildung 27 und 28).

Der QLQ-C30 Fragebogen erfasst die allgemeine Lebensqualität von an Krebs erkrankten Patienten. Die dreißig Fragen des QLQ-C30 lassen sich in vier Obergruppen zusammenfassen, die folgende Dimensionen umfassen:

1. Globaler Gesundheitsstatus
2. Funktionelle Skalen zur Bewertung des physischen Befindens, des Rollenverhaltens, der Kognition, der Emotionen sowie des Rollenverhaltens
3. Symptomskalen zur Quantifizierung von Müdigkeit, Übelkeit und Erbrechen  
Schmerz, Atemnot, Schlaflosigkeit, Appetitverlust, Obstipation, Diarrhoe
4. Finanzielle Auswirkungen der Erkrankung

Die Beantwortung der folgenden vier Fragen aus diesem Bogen erfolgte mittels einer 4-Punkte-Skala (s. Anhang 16.4, Abbildung 27).

1. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten sich körperlich anzustrengen (z.B. eine schwere Einkaufstasche oder einen Koffer zu tragen)? (QLQ-C30 Frage 1)
2. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten einen längeren Spaziergang zu machen? (QLQ-C30 Frage 2)
3. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten eine kurze Strecke außer Haus zu gehen? (QLQ-C30 Frage 3)
4. Waren Sie kurzatmig? (QLQ-C30 Frage 8)

Je niedriger der Wert auf der entsprechenden Skala, desto geringer sind die Beschwerden des Patienten ausgeprägt.

Zwei weitere Fragen, die globale Lebensqualität und den globalen Gesundheitszustand der Patienten betreffend, wurden über eine 7-Punkte-Skala beantwortet (s. Anhang 16.4, Abbildung 27).

1. Wie würden Sie insgesamt ihren körperlichen Zustand während der letzten Woche einschätzen? (QLQ-C30 Frage 29)
2. Wie würden Sie insgesamt ihre Lebensqualität während der letzten Woche einschätzen? (QLQ-C30 Frage 30)

Je größer der Wert auf dieser Skala, desto höher ist auch die Zufriedenheit der Patienten in Bezug auf die oben genannten Kriterien.

Die oben genannten Einzelitems wurden wiederum unter verschiedenen „Quality of Life“ (QoL) Sammelparametern subsummiert.

1. QoL 1: Bildet den Mittelwert der Fragen aus QLQ-C30 1,2,3,8. Je niedriger der Wert, desto besser ist die Lebensqualität zu beurteilen
2. QoL 2: Bildet den Mittelwert der Fragen aus QLQ-C30 29 und 30. Je höher der Wert, desto besser ist die Lebensqualität zu beurteilen.
3. QoL 3: Bildet den Mittelwert der Fragen aus QLQ-C30 1,2,3,8,29 und 30. Je niedriger der Wert, desto besser ist die Lebensqualität der Patienten zu beurteilen.

Darüber hinaus wurden drei weitere Fragen mittels einer 4-Punkte-Skala aus dem ergänzenden Fragebogenmodul QLQ-H&N35 beantwortet. Letzteres dient speziell der Erfassung der Lebensqualität von Patienten mit malignen Erkrankungen im Kopf-Hals-Bereich (s. Anhang 16.4, Abbildung 28):

1. Waren Sie heiser? (QLQ-H&N35 Frage 16, entspricht Frage 46 in Abbildung 28)
2. Hatten Sie Schwierigkeiten, mit anderen Leuten zu sprechen? (QLQ-H&N35 Frage 23, entspricht Frage 53 in Abbildung 28)
3. Hatten Sie Schwierigkeiten, am Telefon zu sprechen? (QLQ-H&N35 Frage 24, entspricht Frage 54 in Abbildung 28)

Diese drei Fragen wurden als Mittelwert unter dem Oberbegriff „Speech Problems“ zusammengefasst.

Je niedriger der Wert auf der entsprechenden Skala, desto geringer sind die Beschwerden des Patienten ausgeprägt.

Zudem wurden alle Patienten aufgefordert, die Zufriedenheit mit ihrer Stimme auf einer Skala von 1-5 zu benoten. Je tiefer der Wert auf der Skala, desto größer war die Zufriedenheit der Patienten mit ihrer Stimme (s. Anhang 16.5; Abbildung 29). Dieser Parameter wurde unter dem Item „Note“ zusammengefasst.

## **4.10 Das Therapiekonzept**

### **4.10.1 Präoperative Diagnostik**

Um narbige Läsionen der Stimmlippen angemessen behandeln zu können, sollte der behandelnde Arzt den Patienten zunächst einer detaillierten Anamnese und apparate-technischen Untersuchung unterziehen. Alle in dieser Studie inkorporierten Patienten durchliefen prä- und postoperativ einen standardisierten Untersuchungsalgorithmus, der in Kapitel 5 detailliert aufgeführt ist.

### **4.10.2 Therapieoptionen**

Die Auswahl eines geeigneten Operationsverfahrens bei stimmverbessernden Operationen ist abhängig von folgenden Faktoren:

- Lokalisation der Stimmlippenvernarbung [Berry et al., 2005].
- Ausdehnung der Stimmlippenvernarbung [Berry et al., 2005].
- Beschaffenheit des Narbengewebes [Berry et al., 2005].
- Ausmaß und Form einer eventuell bestehenden Glottisinsuffizienz [Voigt-Zimmermann et al., 2013]

Anhand der oben genannten Kriterien lässt sich der Schweregrad einer Stimmlippenvernarbung grob quantifizieren. Für den Operateur sind sie richtungsweisend zur Indikationsstellung einer stimmverbessernden Operation und behilflich bei der Wahl des geeigneten Operationsverfahrens.

Auch nach ärztlicher Indikationsstellung zu einer stimmverbessernden, narbenkorrigierenden Operation, muss die weitere Therapie stets dem Behandlungswunsch des Patienten entsprechen:

Je nach subjektiven Empfinden des Patienten in Bezug auf seine Stimm- und Lebensqualität sowie seine physische und psychische Situation, entscheidet in letzter Instanz immer der Patient, ob die operative Versorgung tatsächlich erfolgt.

Alle Patienten dieser Studie wurden über einen endolaryngealen, mikrolaryngoskopischen Zugang behandelt. Deshalb soll diese Technik nun beschrieben werden.

#### **4.10.3 Die Mikrolaryngoskopie nach Kleinsasser**

Die Mikrolaryngoskopie (MLS) nach Kleinsasser [1974 a und b] ist ein minimalinvasives Verfahren, das sowohl zu diagnostischen als auch zu therapeutischen Zwecken eingesetzt wird.

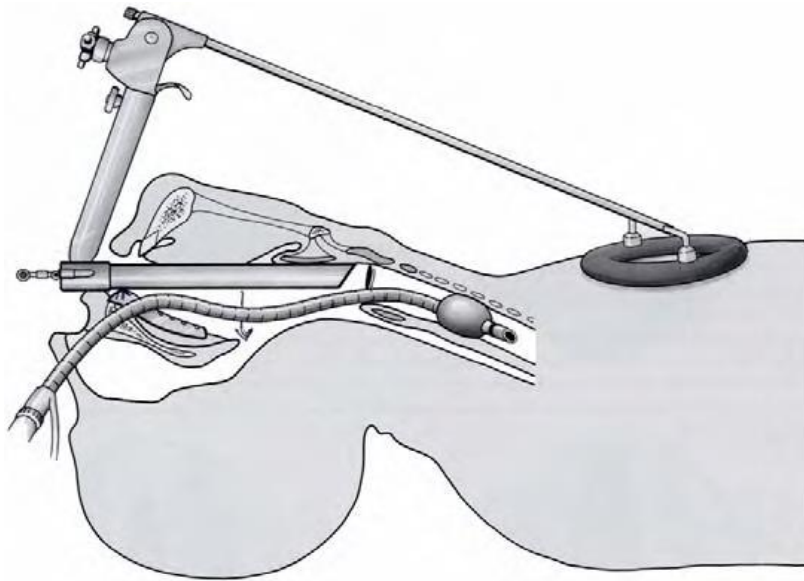
Die Mikrolaryngoskopie wird in Intubationsnarkose durchgeführt. Sie ist heutzutage in der modernen Medizin ein unverzichtbarer Bestandteil zur erfolgreichen Durchführung endolaryngealer mikrochirurgischer Eingriffe jeglicher Art.

Zunächst wird dem narkotisierten und intubierten Patienten bei überstrecktem Kopf ein Zahnschutz eingesetzt, der die Zahnreihe des Oberkiefers vor mechanisch bedingten Bruchschäden schützen soll, die durch Hebelwirkung des eingeführten Laryngoskops verursacht werden können.

Das im folgenden Arbeitsschritt transoral eingeführte Laryngoskop ist ein speziell geformtes Metallrohr mit Handgriff. Dies kann transoral über den Pharynx in den Larynx eingeführt werden. Mit einer speziellen Bruststütze, die auf dem Thorax des Patienten oder über eine Halterung am OP-Tisch abgestützt wird, kann die Fixierung des Laryngoskops während eines operativen Eingriffes erfolgen.

Hierdurch erfolgt die Exposition der laryngealen Strukturen. Über dieses Laryngoskopierrohr kann der Kehlkopf mit Endoskopen oder dem Operationsmikroskop betrachtet und chirurgisch behandelt werden. Zur Dokumentation wird eine starre Stablinsenoptik verwendet. Diese Optiken dienen der endoskopischen Diagnostik und Dokumentation und Applikation von speziellem Licht. Hierdurch kann der HNO-Arzt die endolaryngealen Strukturen gut einstellen.

Um die intraoperativen Arbeitsbedingungen zu verbessern, werden Operationen im Endolarynx stets unter Verwendung eines Operationsmikroskopes durchgeführt. Dies erleichtert dem Operateur während seiner mikrochirurgischen Tätigkeit eine gute Übersicht der feinen Strukturen des Endolarynx.



**Abbildung 7: Schematische Darstellung der MLS nach Kleinsasser, entnommen aus:**  
**Menzebach M., Individualisierte primäre Chirurgie von Stimmlippenkarzinomen mit Organerhalt, Edition scientifique 2006**

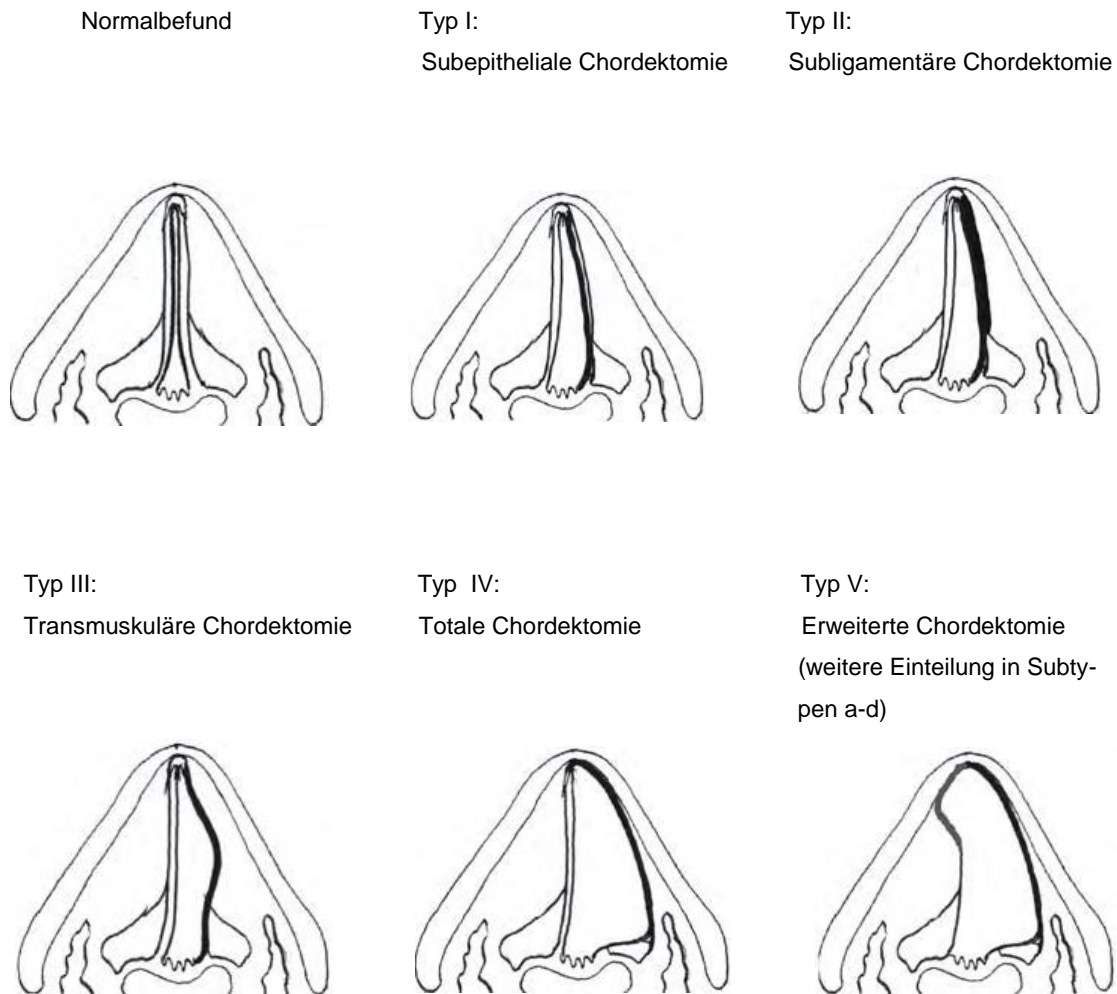
#### **4.10.4 Überblick der endoskopischen Chordektomieverfahren**

Die Mehrheit aller Stimmlippenvernarbungen entsteht iatrogen bedingt. Woo et al. [1994 a, b] sehen Stimmlippenvernarbungen nach phonochirurgischen Eingriffen als bedeutendste Ursache einer unzureichenden Stimmqualität an.

Ein nicht unbeträchtlicher Anteil von iatrogen bedingten Stimmlippenvernarbungen wird auch nach der chirurgischen Therapie von malignen Erkrankungen des Kehlkopfes beobachtet.

Nach der Diagnose einer präkanzerösen oder kanzerösen Läsion werden unterschiedliche endoskopische Chordektomieverfahren als operative Therapie eingesetzt.

Basierend auf der Mikrolaryngoskopie nach Kleinsasser als Standardtherapie, können verschiedene Chordektomietechniken im endolaryngealen Bereich angewendet werden. Die Klassifizierung der verschiedenen Chordektomietechniken orientiert sich an der Einteilung von Remacle und Mitarbeitern [2000]. Die verschiedenen Chordektomietechniken unterscheiden sich durch das Ausmaß der Resektion endolaryngealer Strukturen.



**Abbildung 8: Schematische Darstellung der verschiedenen Chordektomietypen jeweils an der rechten Stimmlippe in Anlehnung an die Richtlinien der European Laryngological Society (ELS) von 2000 aus:**

**Menzebach M., Individualisierte primäre Chirurgie von Stimmlippenkarzinomen mit Organerhalt, Edition scientifique 2006**

Die oben skizzierten Operationstechniken werden in der HNO-Universitätsklinik in Gießen hauptsächlich zur Behandlung von präkanzerösen Läsionen sowie des Carcinoma in situ angewandt.

Da jegliche Form der endoskopischen Phonochirurgie mikrochirurgische Verletzungen mit reaktiver Gewebeheilung bedeutet, sind die Minimierung dieser mikrochirurgischen Verletzungen sowie die Förderung einer schnellen Wundheilung grundlegende Prinzipien der mikrolaryngealen Chirurgie. Auf diese Weise soll das Risiko einer Narbenbildung minimiert werden. Benninger et al. [1996] haben deshalb drei wesentliche Operationsleitlinien etabliert:

1. Die Resektion von Schleimhaut sollte sich sehr exakt ausschließlich auf erkrankte Bereiche beschränken
2. In den tieferen Schichten der Lamina propria ist die Anzahl der Fibroblasten relativ am höchsten. Deshalb sollte eine Resektion immer so oberflächlich wie möglich durchgeführt werden, um Fibroblasten in tieferen Schichten nicht zu aktivieren.
3. Die Fibroblastenaktivität kann ebenso thermisch stimuliert werden, wenn zur Resektion der Mukosa ein Laser benutzt wird. Deshalb sollten kalte Operationsinstrumente verwendet werden.



## **4.11 Terminologie der modernen Phonochirurgie nach den Richtlinien der European Laryngological Society (ELS)**

Der Begriff Phonochirurgie umfasst alle chirurgischen Methoden, die primär einer Verbesserung oder Wiederherstellung der Stimme dienen.

Die European Laryngological Society (ELS) schlägt zur Klassifizierung der modernen Phonochirurgie eine Einteilung in vier verschiedene Operationsgruppen vor [Friedrich et al., 2007]:

1. Vocal Fold Surgery (VFS)
2. Laryngeal Framework Surgery (LFS)
3. Neuromuscular Surgery (NHS)
4. Reconstructive Surgery (RCS):
  - Partial loss of larynx
  - Total loss of larynx

Grundsätzlich beeinträchtigen Vernarbungen die Stimmqualität über zwei Mechanismen. Zum einen verschlechtern sie die Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen durch eine Versteifung des Stimmlippengewebes. Zum anderen besteht in der Mehrzahl der Fälle ein Gewebedefekt im Bereich der Stimmlippenvernarbung, welcher aufgrund einer vorausgegangen Operation oder eines Traumas entsteht. Dieser Gewebedefekt führt zu einem unvollständigen Glottisschluss mit resultierender Glottisinsuffizienz während der Phonation.

Deswegen bilden diese Läsionen den Ansatzpunkt für die chirurgische Therapie der Narben. Es gilt, derbes Narbengewebe chirurgisch zu lösen, um die Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen zu verbessern. Außerdem muss ein eventuell vorhandener Gewebedefekt mit insuffizientem Glottisschluss adäquat rekonstruiert werden.

In dieser Arbeit wurden zur Therapie von Stimmlippenvernarbungen stimmverbessernde Operationstechniken angewandt, die sich der Gruppe der Vocal fold surgery (VFS) und der Reconstructive Surgery (RCS) zuordnen lassen.

Phonochirurgische Operationstechniken aus der Gruppe der Laryngeal Framework Surgery (LFS) und der Neuromuscular Surgery (NHS) wurden nicht durchgeführt.

## **4.12 Vocal Fold Surgery (VFS) und Reconstructive Surgery (RCS)**

### **4.12.1 Vocal Fold Surgery (VFS)**

Dieser Begriff bezeichnet alle Eingriffe, die direkt an den Stimmlippen durchgeführt werden. Sie dienen der Verbesserung der Schwingungseigenschaften und der Wiederherstellung einer normalen Randkantenverschieblichkeit der Stimmlippen oder aber der Korrektur der Stimmlippenposition und/oder -spannung [Remacle et al., 2003].

Das grundlegende Ziel der Vocal Fold Surgery ist der Erhalt oder die Verbesserung der funktionellen Struktur der Stimmlippen unter Wahrung ihrer spezifisch geschichteten, histologischen Struktur. Eine minimale Gewebeexzision, eine minimale Irritation des Reinkeschen Raumes sowie ein maximaler Erhalt von Stimmlippenepithel sind zur Gewährleistung dieses Ziels unabdingbar [Friedrich et al., 2007].

Als schonende Operationsmethode zur Verwirklichung der oben erwähnten Prinzipien hat sich unter anderem die Technik des Microflaps mit all seinen unterschiedlichen Anwendungen [Bouchayer et al., 1992; Courey et al., 1995, 1997; Sataloff et al., 1995; Hochmann et al., 2000] etabliert.

Die Zugangswege können je nach Operateur und therapeutischem Ziel unterschiedlich sein: Endolaryngeal (indirekt und direkt) sowie transzervikal (open neck oder perkutan). Operationsmethoden, die nach der Klassifikation der European Laryngological Society (ELS) der Vocal Fold Surgery zugeordnet werden können, sind u.a.:

Inzisionen und Exzisionen von Stimmlippengewebe, Gewebemobilisation, Augmentationen, Injektionen und Implantationen sowie Stenting.

Indikationen zur Durchführung der o.g. Maßnahmen können alle Stimmlippenpathologien sein, welche eine Beeinträchtigung der Stimmlippenschwingungen und/oder Stimmlippenbeweglichkeit hervorrufen. Hierzu zählen unter anderem: Papillome, Karzinome, Zysten, Stimmlippenvernarbungen, Synechien der vorderen und hinteren Kommissur, Stimmlippenatrophien.

#### **4.12.2 Reconstructive Surgery (RCS)**

Ziel der Reconstructive Surgery ist in erster Instanz die Wiederherstellung der Fähigkeit zur oralen Kommunikation nach partiellem Verlust von stimmbildenden Strukturen des Larynx oder sogar Verlust des gesamten Larynx. Stimmverbesserungen sind sekundär.

Neben der Wiederherstellung der oralen Kommunikation müssen aufgrund der Funktionsvielfalt des Kehlkopfes unter Umständen auch weitere Aspekte bei der Operationsplanung berücksichtigt werden wie z.B. der Schluckvorgang und die Atmung [Friedrich et al., 2007].

Partielle Glottisdefekte werden überwiegend durch eine chirurgische Geweberesektion aufgrund von benignen und malignen Stimmlippentumoren oder Traumata hervorgerufen.

Die Rekonstruktion von partiellen Glottisdefekten kann primär oder sekundär erfolgen. Bei der primären Rekonstruktion erfolgt die Glottiswiederherstellung direkt nach der Tumoresektion in derselben Sitzung, z.B. mit Hilfe eines Taschenfaltenlappens [Bica-be et al., 2001].

Die sekundäre Glottisrekonstruktion erfolgt nach der Tumoresektion als Folgeeingriff mit einem freien Intervall dazwischen. Die Stimmlippen haben zu diesem Zeitpunkt bereits Narbengewebe ausgebildet. Letzteres kann je nach Befund aufgelockert und die lateralisierte Stimmlippe medialisiert werden. Entsprechend des Ausmaßes der Vernarbung und der Glottisinsuffizienz können hierzu unterschiedliche Verfahren angewendet werden wie z.B.:

- Z-Plastiken,
- Sliding-Flaps
- Muköse Schwenklappen
- Thyroplastiken [Remacle et al., 2001 a, 2006; Sittel et al., 2002; Piazza et al., 2007]
- Stimmlippenaugmentationen durch Injektion [Remacle et al., 2001 b; Sittel et al., 2005; King et al., 2007] und Implantation [Tsunoda et al., 1999, 2001, 2005]

In unserer klinischen Studie wurden unterschiedliche narbenkorrigierende Operationen durchgeführt. Hierbei wurden Techniken aus der Gruppe der Vocal Fold Surgery und der Reconstructive Surgery angewandt und teilweise kombiniert.

Anhand der Operationsmethoden wurde das Patientenkollektiv in folgende Gruppen unterteilt:

1. Medialisierungen
2. Komplexe Narbenkorrekturen
3. Synechien
4. Isolierte Narbenkorrekturen
5. Verschiebelappenplastiken (Alternierende Mukosaschwenklappen)
6. Gesamtkollektiv der Gruppen 4. und 5

Einige Patienten erhielten mehrere unterschiedliche narbenkorrigierende Operationen aus mehr als nur einer Gruppe.

## **4.13 Narbenklassifikationen und operative Therapieansätze**

Alle Operationen wurden über einen endolaryngealen, mikrolaryngoskopischen Zugang durchgeführt. Operiert wurde stets mit kalten Instrumenten, um eine thermische Stimulation von kollagenproduzierenden Fibrozyten in der Lamina propria zu vermeiden.

Die folgende Klassifizierung der Narbenformationen der Stimmlippen orientiert sich im Wesentlichen an der Einteilung der Chordektomieverfahren von Remacle und Kollegen [2000] (s. Abb. 8).

### **4.13.1 Stimmlippenrekonstruktion Typ I**

Die Indikation zur Durchführung einer oberflächlichen Chordektomie besteht meist bei begründetem Verdacht auf eine umschriebene präkanzeröse oder kanzeröse Läsion im Bereich der Stimmlippen. Primär werden leukoplakische Veränderungen, die meistens Präkanzerosen darstellen, abgetragen.

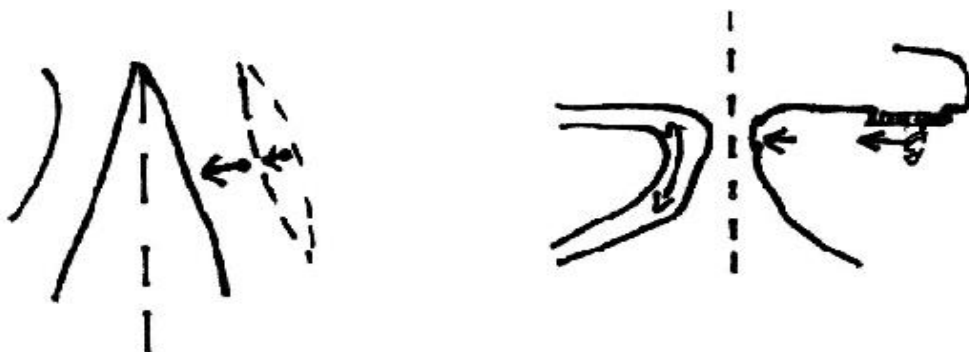
Eine Vernarbung nach superfizieller Chordektomie ist meist milde ausgeprägt und befindet sich auf mukös bis submukösem Niveau. Besonders betroffen ist der Reinkesche Raum der Lamina propria. Vernarbungen in dieser Schicht beeinträchtigen sehr stark die regelmäßige Periodizität der Schleimhautschwingungen der Stimmlippen. Außerdem entsteht meist eine leichte bis mäßige Glottisinsuffizienz.



**Abbildung 9: Meist milde Narbenformation auf mukösem bis submukösem Niveau nach superfizieller Chordektomie. Grafik nach Prof. H. K. Glanz**

Therapiert wird dieser Narbentyp durch eine laterale Chordotomie. Die Narbe wird bei der Präparation chirurgisch aufgelöst. Weiterhin wird ein „Sliding-Flap“, d.h. ein verschieblicher Schleimhautlappen, auf der vernarbten Seite präpariert. Allein durch die Auflockerung des Narbengewebes kann sich dieser automatisch nach medial verlagern und führt zu einem verbesserten Schluss der Stimmklappen.

Sollte trotz eines Sliding-Flap weiterhin eine Glottisinsuffizienz bestehen, kann zusätzlich Fett, Faszie oder Knorpel implantiert werden. Hierdurch wird ein verbesserter Glottisschluss erzielt. Eine prä- und postoperative Antirefluxprophylaxe sowie postoperative logopädische Maßnahmen können ein zufriedenstellendes Operationsergebnis begünstigen.



**Abbildung 10: Therapie einer Narbenformation nach superfizieller Chordektomie durch Sliding-Flap, mit oder ohne Fetttransplantat. Grafik nach Prof H.K. Glanz**

#### 4.13.2 Stimmlippenrekonstruktion Typ II

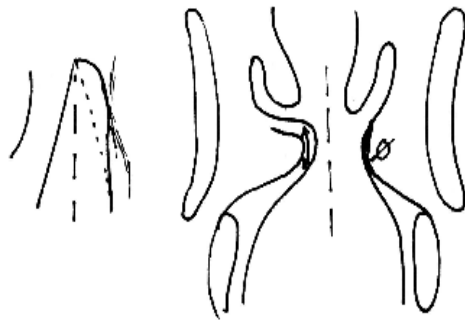
Die partielle Chordektomie ist indiziert zur Behandlung von Tumoren, die auch in tiefere Anteile der Stimmlippen infiltrieren. Der Musculus vocalis wird partiell entfernt.

Voraussetzungen zur Durchführung der partiellen Chordektomie sind:

1. Die Tumorausdehnung betrifft nicht die gesamte Länge der Stimmlippen, sondern nur begrenzte Teilbereiche.
2. Die Grobbeweglichkeit der Stimmlippe muss präoperativ gewährleistet sein.
3. Eine Tumordinfiltration in das laterale Kehlkopfskelett muss präoperativ eindeutig ausgeschlossen worden sein.

Die partielle Chordektomie kann zur Bildung einer sehr derben Narbe führen, die die ganze Stimmlippe einbezieht. Die ausgedehnte Vernarbung schließt den Musculus vocalis mit ein und bewirkt, dass für die Phonation kein suffizientes Widerlager für die gegenüberliegende Stimmlippe vorhanden ist. Begleitend zu diesen Befunden findet sich meist eine rundliche anstatt einer v-förmig konfigurierten vorderen Kommissur mit einem leichten Defekt.

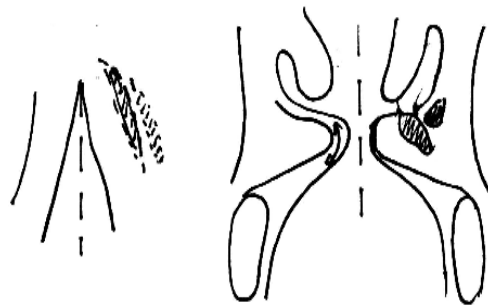
Videostroboskopische Auswertungen von Stimmlippenschwingungen bei Phonation zeigen ein vollständiges Fehlen der horizontalen Schwingungsamplitude, sowie der Randkantenverschieblichkeit.



**Abbildung 11: Meist sehr derbe Narbenformation mit Volumenverlust und Substanzdefekt nach partieller Chordektomie. Grafik nach Prof . Dr. H. K. Glanz**

Im Zentrum der Therapie steht die Behandlung der Glottisinsuffizienz. Das Narbengewebe wird zunächst mikrolaryngoskopisch aufgelöst. Danach wird im Bereich des vorhandenen Substanzdefektes eine Schleimhauttasche gebildet. Autologes Gewebe, wie z.B. Nasenseptumknorpel oder periumbilicales Fettgewebe, wird entnommen und in die zuvor präparierte Schleimhauttasche transplantiert. Schließlich wird die Schleimhauttasche durch mehrere Nähte verschlossen.

Das eingebrachte Transplantat soll den durch die Narbe verursachten Gewebedefekt auffüllen und damit einen möglichst vollständigen Glottisschluss wiederherstellen. Des Weiteren wird durch diese Operationstechnik eine Medialisierung der vernarbten Stimmlippe erreicht, so dass letztere der kontralateralen Stimmlippe bei der Stimmanregung als ausreichendes Widerlager dienen kann.



**Abbildung 12: Therapie einer Narbenformation nach partieller Chordektomie durch Bilden einer Schleimhauttasche und Implantation von autologem Nasenseptumknorpel oder autologen Fettgewebe. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.**

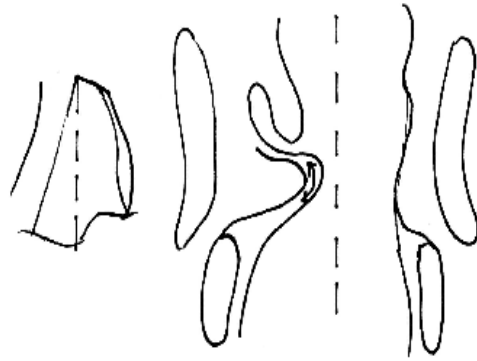
### 4.13.3 Stimmlippenrekonstruktion Typ III

Die totale Chordektomie bezeichnet die Entfernung einer kompletten Stimmlippe. Die Resektion umfasst den Anteil vom Processus vocalis des Aryknorpels bis zur vorderen Kommissur einschließlich des inneren Perichondriums.

Die Grundlage der erweiterten Chordektomie bildet die totale Chordektomie. Bei der erweiterten Chordektomie werden allerdings darüber hinaus weitere Strukturen wie z.B. die ipsilaterale Taschenfalte, die subglottische Region oder Teile der kontralateralen Stimmlippe reseziert.

Diese Narbenformation ist dadurch charakterisiert, dass sie dem inneren Perichondrium und dem Knorpel fest anhaftet. Die immensen Gewebedefekte erstrecken sich auch auf supraglottische Strukturen; der Stellknorpel kann verdreht sein.

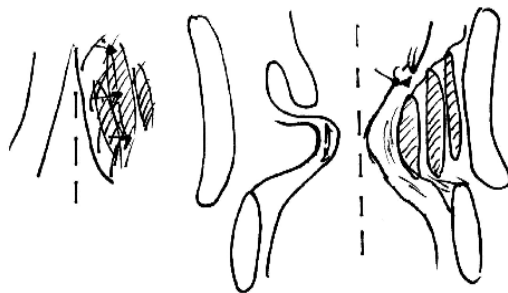
Ein vollständiger Glottisschluss ist aufgrund der beachtlichen Gewebedefekte unmöglich. Deshalb sind die Patienten stark dysphon oder aphon und können sekundär eine supraglottische Ersatzphonation entwickeln.



**Abbildung 13: Narbenformation nach totaler oder erweiterter Chordektomie mit immensen Gewebedefekten und Verdrehung des Aryknorpels. Grafik nach Prof. Dr. H.K. Glanz**

Zur Behandlung der beachtlichen Gewebedefekte wird bei dieser Rekonstruktion eine Tasche mit Öffnung im supraglottischen Niveau präpariert, die bis hinunter zum Unter- rand des Schildknorpels reicht. Bei Vorliegen derartig ausgedehnter Narbenformationen kann es sich dabei als äußerst schwierig erweisen, eine ausreichend große Tasche ohne Perforation des subglottischen Bereiches zu schaffen. Autologer Nasenseptumknorpel wird nun in mehreren übereinanderliegenden Schichten in die Tasche eingestellt. Diese wird mit 5-0 oder 6-0 Vicrylnähten verschlossen.

Eine weitere Schwierigkeit dieser Operation stellt die Rekonstruktion der vorderen Kommissur sowie des Volumens der hinteren Kommissur dar.



**Abbildung 14: Therapie einer Narbenformation nach totaler oder erweiterter Chordektomie. Gut zu sehen ist die präparierte Tasche mit dem mehrschichtig transplantierten Septumknorpel. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz**



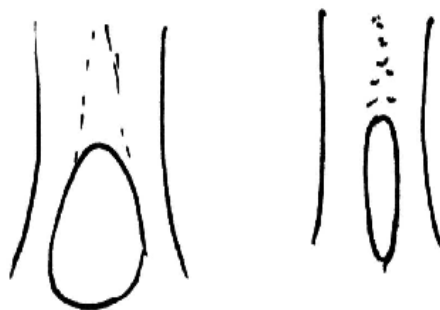
#### 4.13.4 Stimmlippenrekonstruktion Typ IV a und b

Dieses Chordektomieverfahren wurde nicht durch die Europäische Laryngologische Gesellschaft (ELS) definiert.

Indiziert ist diese Operationstechnik bei bilateral auftretenden, noch operablen Stimmlippenkarzinomen. Die zuvor beschriebenen Chordektomietechniken können bei bilateralen Resektionen miteinander kombiniert werden. Je nach Stadium des Tumors können an beiden Stimmlippen jeweils unterschiedliche Operationstechniken zur Anwendung kommen (z.B. eine superfizielle Chordektomie der linken und eine totale Chordektomie der rechten Stimmlippe).

In der Regel sollte bei bilateralen Chordektomien ein zweizeitiges Vorgehen gewählt werden, um postoperative Komplikationen zu vermeiden. Die häufigste Komplikation ist in diesem Fall die Entstehung einer Synechie in der vorderen Kommissur. Synechien sind bindegewebige Verwachsungen zwischen den Stimmlippen, die meist in der vorderen und selten in der hinteren Kommissur entstehen oder aber angeboren sind.

Optisch imponiert die vordere Bindegewebsbrücke durch eine abgerundet erscheinende vordere Kommissur. Der Querschnitt der geöffneten Glottis ist verkleinert und die Patienten weisen häufig eine höhere und gepresste Stimme auf. Außerdem sind die Stimmlippenschwingungen beidseits stark verringert oder fehlen.



**Abbildung 15: Narbenformation nach bilateraler, die vordere Kommissur einschließender Resektion. Die Glottisinsuffizienz ist charakterisiert durch eine Synechie in der vorderen Kommissur mit abgerundetem Erscheinungsbild sowie beidseits reduzierten Stimmlippenschwingungsvermögen**

Die Therapie dieser Narbenformation hängt von Ihrem Ausprägungsgrad ab.

Kleinere Synechien können entweder mit kalten Instrumenten oder mit Hilfe des Lasers chirurgisch therapiert werden. Das Einbringen eines Stents in der vorderen Kommissur (Typ IVb) kann das Risiko der Ausbildung einer Rezidivsynechie reduzieren [Lichtenberger et al., 1994; Edwards et al., 2008; Benmansour et al., 2012].

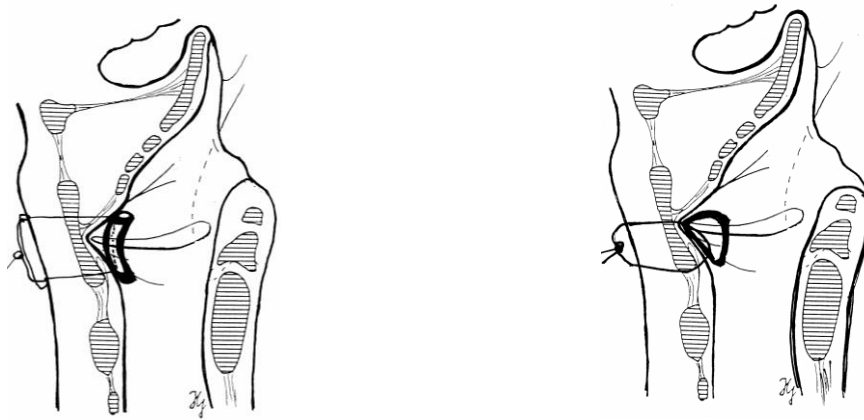
Lichtenberger [1983] stellte erstmals eine mikrolaryngoskopische Technik zur endolaryngealen Platzierung eines Stents in die vordere Kommissur vor.

Dreizehn Patienten, die an Synechien der vorderen Kommissur unterschiedlicher Ätiologie mit konsekutiver Dysphonie erkrankt waren, wurden unter Anwendung dieser Technik behandelt und über einen Zeitraum von zehn Jahren kontrolliert.

Die Synechien wurden zunächst mit einem Mikroskalpell durchtrennt. Anschließend wurde ein Platzhalter aus Silikon im Bereich der vorderen Kommissur so platziert, dass er die Inzision sowie den deepithelisierten Bereich vollständig bedeckte.

Fixiert wurde der Platzhalter mit zwei transzervikalen 2-0 Polypropylen-Nähten ober- und unterhalb des Glottisniveaus, welche mit Hilfe eines speziellen Nadelschiebers von endo- nach extralaryngeal geführt wurden [Lichtenberger 1983]. Fixiert wurden die Nähte über einem kleinen Silikonröhrchen am ventralen Halsbereich.

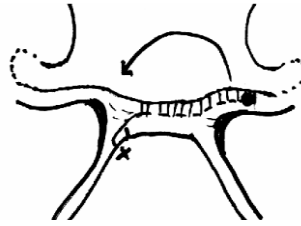
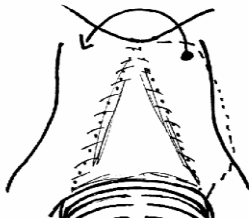
Drei Wochen später wurde der Platzhalter nach Durchtrennen der Naht am ventralen Halsbereich endoskopisch entfernt. Alle 13 Patienten zeigten postoperativ verbesserte Atemwege und eine verbesserte Stimmqualität [Lichtenberger et al., 1994].



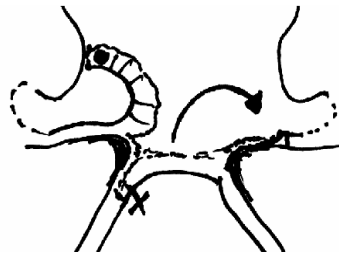
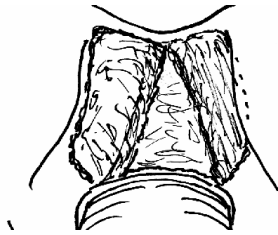
**Abbildung 16: Typ IV b: Einlage eines endolaryngealen Stents zur Prävention einer Re-Synechie in der vorderen Kommissur. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz in Anlehnung an das Verfahren von G. Lichtenberger**

Zur Behandlung ausgedehnterer Synechien kann die Technik alternierender muköser Schwenklappen (Typ IVa), oder des Buccal-Mucosa-Grafting [Kojima et al., 1993; Shapshay et al., 1995; Hsiung et al., 2002] angewendet werden.

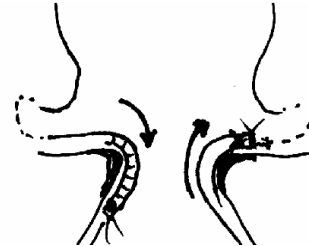
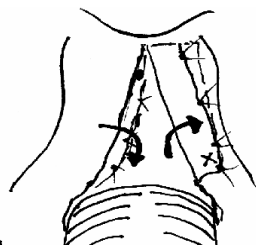
Im Anschluss kann lokal Mitomycin C appliziert werden, um die Ausbildung eines Granulationsgewebes, einer Narbenformation oder einer Restenose zu verhindern [Spector et al., 1999].



**Abbildung 17:** Ein muköser Schwenklappen wird an der Oberfläche einer Stimmlippe derart präpariert, dass er an der gegenüberliegenden Stimmlippe gestielt ist. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz



**Abbildung 18:** Präparation eines zweiten Schwenklappens nach der gleichen Methode. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.



**Abbildung 19:** Gegenläufige Transposition der mukösen Schwenklappen und Fixation mit Vicrylnähten der Stärke 6,0. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.

## 5 Untersuchungsablauf

Alle an dieser Studie beteiligten Patienten durchliefen einen standardisierten Untersuchungsablauf. Dieser umfasste:

- Erheben der Krankengeschichte
- Endoskopische Untersuchung des Kehlkopfs mittels eines starren 70° Lupenlaryngoskopes sowie eine Stroboskopieuntersuchung
- Dreimalige Ermittlung der Tonhaldedauer des Vokales [a:] in Sekunden
- Ermittlung der Vitalkapazität mittels Handspirometer
- Computergestützte Stimmumfangsprofiluntersuchungen
- Erstellung des Göttinger Heiserkeitsdiagramms zur objektiven akustischen Stimmanalyse
- Digitale Aufzeichnung einer Leseprobe des Standardtextes „Der Nordwind und die Sonne“
- Selbstevaluation der Lebens- und Stimmqualität mittels ausgewählter Fragen aus den standardisierten Fragebögen QLQ-C30 und QLQ-H&N35 der European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC)
- Subjektive Beurteilung der Stimmzufriedenheit auf einer Skala von 1-5

## 6 Die Analysedaten

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen wurden folgende Daten analysiert:

- Operationsverfahren
- Periodenkorrelationswert
- Jitter (%)
- Shimmer (%)
- Glottal-to-noise-excitation-ratio
- Grundfrequenz F0 in Hertz [Hz]
- Irregularitätskomponente
- Rauschkomponente
- Stimmdynamikumfang des Lese-, Zähl- und Ruf- sowie Singstimmfeldes in Dezibel [dB]
- Stimmfrequenzumfang der Grundfrequenz F0 des Lese-, Zähl- und Ruf- sowie Singstimmfeldes in Hertz [Hz] und in Halbtönen [HT]
- Perzeptive Stimmqualitätsbeurteilung anhand der stimmlichen Parameter Rauigkeit, Behauchtheit und Heiserkeit durch eine erfahrene Logopädin
- Auswertung ausgewählter Fragen der standardisierten Fragebögen QLQ-C30 und QLQ-H&N35
- Auswertung der subjektiven Beurteilung der Stimmzufriedenheit
- Beurteilung der videostroboskopischen Aufzeichnungen der Stimmlippen-schwingungen mit Hilfe eines erfahrenen Oberarztes

## 7 Hard- und Software

**Göttinger Heiserkeitsdiagramm:** Softwareversion 5.3f der Firma Rehder und Partner Medizintechnik Hamburg.

**Dat Recorder:** Firma Sony

**Phonetogramm:** Phonomat Spectra Version 5.0 der Firma Phonomat

Die Hardwarekomponente ist ein Personalcomputer der Firma Acer.

**Videolaryngostroboskopie:** 70° Winkeloptik-Endoskop der Firma Karl Storz (Tuttlingen). RP-Szene Software Version 7.0c der Firma Rehder/Partner GmbH Hamburg.

**Mikrofon:** Firma Sony, Kugelkopfdesign

## 8 Statistische Methodik

Zum Überprüfen von wissenschaftlichen Vermutungen werden statistische Hypothesen aufgestellt. Sie sind bei Gruppenvergleichen meist so formuliert, dass das Ziel des Anwenders das Ablehnen der Hypothese ist. Als Signifikanzniveau (Fehler 1. Art, Fehlerwahrscheinlichkeit oder p-Wert) wird diejenige Wahrscheinlichkeit bezeichnet, mit der man irrtümlich eine *richtige* Hypothese ablehnt. Will man einen geringen Fehler beim Ablehnen der Hypothese machen, so sollte diese Wahrscheinlichkeit klein sein, übliche Schranken sind  $\alpha=0,05$  und  $\alpha=0,01$ . In dieser Arbeit wurde mit dem Signifikanzniveau von 5% gearbeitet.

Da bei den meisten Testverfahren vorausgesetzt wird, dass die Daten normalverteilt sind, wird diese Voraussetzung als erste mit dem von *Lilliefors modifizierten Kolmogorov-Smirnov-Test* geprüft.

Je nachdem, ob die Hypothese der Normalverteilung der Daten angenommen wird oder nicht, können parametrische Tests oder nicht-parametrische (Rang-) Tests durchgeführt werden.

Die in dieser Arbeit verwendeten metrischen Variablen sind nicht normalverteilt. Es kommen ergo nur nichtparametrische Verfahren zum Testen von Hypothesen zur Verwendung.

Im Ergebnisteil werden kurz die Tests genannt und die p-Werte ausgedruckt. Testentscheidungen mit p-Werten zwischen 0,05 und 0,01 werden als *signifikant* bezeichnet, Werte kleiner als 0,01 als *hochsignifikant*.

Bei den Korrelationskoeffizienten wird die Hypothese getestet, dass die Koeffizienten gleich null sind. Allerdings gelten erst Korrelationskoeffizienten ab 0,7 als bedeutend für einen Zusammenhang.

Für verschiedene Fragestellungen und Voraussetzungen werden nun die Namen der in der Arbeit verwendeten Tests und die abgeprüften Hypothesen aufgelistet.

Test	Anwendung	Hypothese
Wilcoxon-Matched-Pair-Test	Größenvergleich von zwei verschiedenen Variablen bei nicht normalverteilten Daten	Gleiche Rangsummen der positiven und der negativen Differenzen zwischen den zu untersuchenden Variablen

Zusammenhangsmaß	Anwendung	Hypothese
Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient	Messung der monotonen Abhängigkeit von wenigstens ordinalskalierten Daten	Korrelationskoeffizient ist gleich Null (bei nicht normalverteilten Daten)

Bei den Tabellen werden Mittelwert, Standardabweichungen und Fallzahlen (N) in den Gruppen dargestellt.

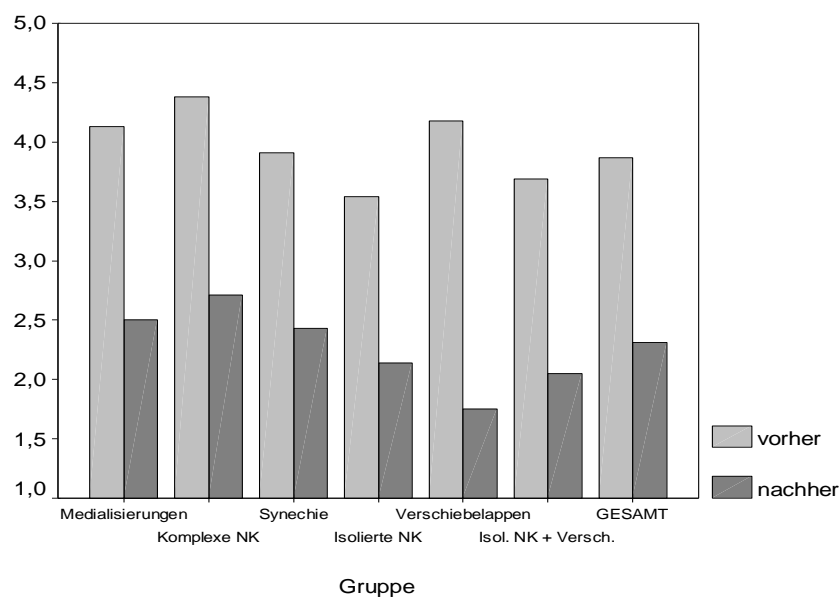


## 9 Ergebnisse

### 9.1 Subjektive Parameter

Ergänzende Tabellen und Statistiken können in Kapitel 16 gegliedert in subjektive und objektive Parameter sowie Korrelationen eingesehen werden.

#### 9.1.1 Benotung der Stimmzufriedenheit durch die Patienten



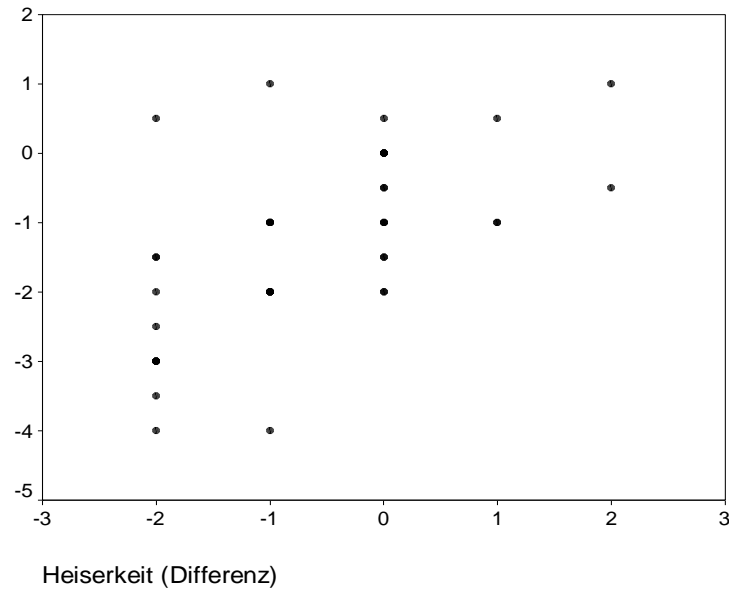
**Abbildung 20: Vergleich der prä- und postoperativen Stimmzufriedenheit der Patienten beschrieben durch das Item „Note“**

Bei dem Item „Note“ war in der Gesamtpopulation ein hochsignifikantes Fallen zu beobachten. Die Werte waren nachher hochsignifikant geringer als die Werte vorher.

Auch in den einzelnen Therapiegruppen verringerten sich die Werte jeweils hochsignifikant. Dies entspricht einer Verbesserung der Stimmzufriedenheit.

Weiterhin fiel eine hochsignifikante Korrelation zwischen der subjektiv empfundenen Stimmzufriedenheit der Patienten und dem durch die Logopädin ermittelten, perceptiven Heiserkeitsgrad der Stimme auf:

Je ausgeprägter der perzeptive Heiserkeitsgrad der Patienten durch die Logopädin beurteilt wurde, desto schlechter bewerteten die Patienten ihre subjektive Stimmqualität.



**Abbildung 21: Korrelation zwischen dem Item „Note“ und dem perceptiven Heiserkeitsgrad der Stimme ermittelt durch die logopädische Untersuchung nach dem RBH-Schema.**

## 9.1.2 Analyse der Lebensqualität

### 9.1.2.1 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem standardisierten Fragebogen QLQ-C30 der EORTC

1. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten sich körperlich anzustrengen (z.B. eine schwere Einkaufstasche oder einen Koffer zu tragen)? (QLQ-C30 Frage 1)
2. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten einen längeren Spaziergang zu machen? (QLQ-C30 Frage 2)
3. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten eine kurze Strecke außer Haus zu gehen? (QLQ-C30 Frage 3)
4. Waren Sie kurzatmig? (QLQ-C30 Frage 8)

Je niedriger der Wert auf der entsprechenden Skala, desto geringer sind die Beschwerden des Patienten ausgeprägt (s. Anhang, 16.4, Abbildung 27)

Bei den relevanten Einzelitems QLQ-C30 Frage 1 und 8 fiel der Wert für die Gesamtpopulation hochsignifikant. Die Werte für die Einzelitems QLQ-C30 Frage 2 und 3 verringerten sich signifikant.

1. Wie würden Sie insgesamt ihren körperlichen Zustand während der letzten Woche einschätzen? (QLQ-C30 Frage 29)
2. Wie würden Sie insgesamt ihre Lebensqualität während der letzten Woche einschätzen? (QLQ-C30 Frage 30)

Je größer der Wert auf dieser Skala, desto höher ist auch die Zufriedenheit der Patienten in Bezug auf die oben genannten Items (s. Anhang 16.4, Abbildung 27).

Die Werte für die Items der globalen Lebensqualität, QLQ-C30 Frage 29 und 30, stiegen für die Gesamtpopulation hochsignifikant an.

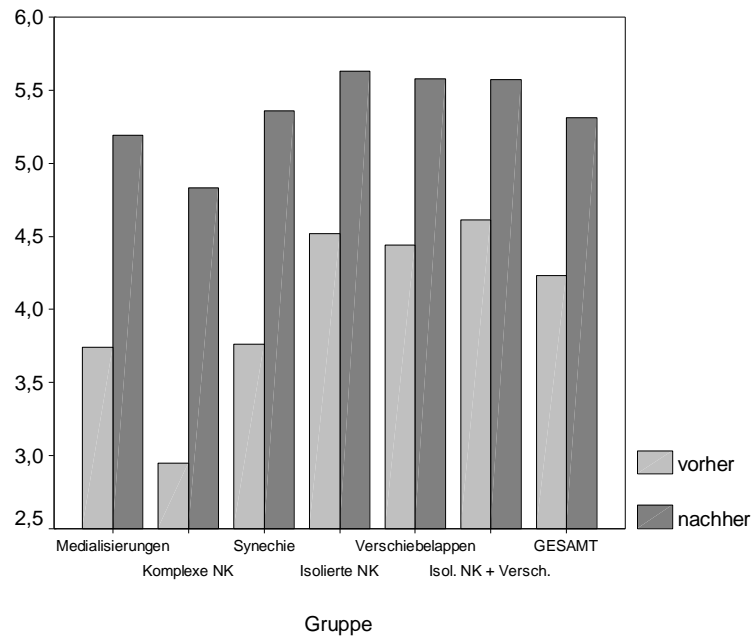
Die jeweiligen Mittelwerte QoL 1 (Fragen 1/2/3/8) und QoL 3 (Fragen 1/2/3/8/29/30) fallen für die Gesamtpopulation jeweils hochsignifikant.

Der Mittelwert QoL 2 (Fragen 29/30) stieg für die Gesamtpopulation hochsignifikant.

Alle Werte implizieren somit eine Verbesserung der Lebensqualität

In den einzelnen Therapiegruppen fielen die Werte für QoL 1 (Fragen 1/2/3/8) in den Gruppen „Komplexe Narbenkorrekturen (NK)“ und „Synechie“ signifikant. In der Gruppe „Medialisierungen“ war ein hochsignifikantes Fallen zu beobachten.

Der Mittelwert für die globale Lebensqualität, QoL 2 (Fragen 29/30), stieg in den Therapiegruppen „Medialisierungen“, „Synechien“, „isolierte Narbenkorrekturen (NK)“ und „isolierte Narbenkorrekturen (NK) + Verschiebelappenplastik“ hochsignifikant an. In den Gruppen „Komplexe Narbenkorrekturen (NK)“ und „Verschiebelappenplastik“ war ein signifikanter Anstieg der Werte zu verzeichnen.



**Abbildung 22: Die globale Lebensqualität ausgedrückt durch den Mittelwert der Fragen 29 und 30 aus dem QLQ-C30 Fragebogen der European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC).**

#### 9.1.2.2 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem Ergänzungsmodul QLQ-H&N35

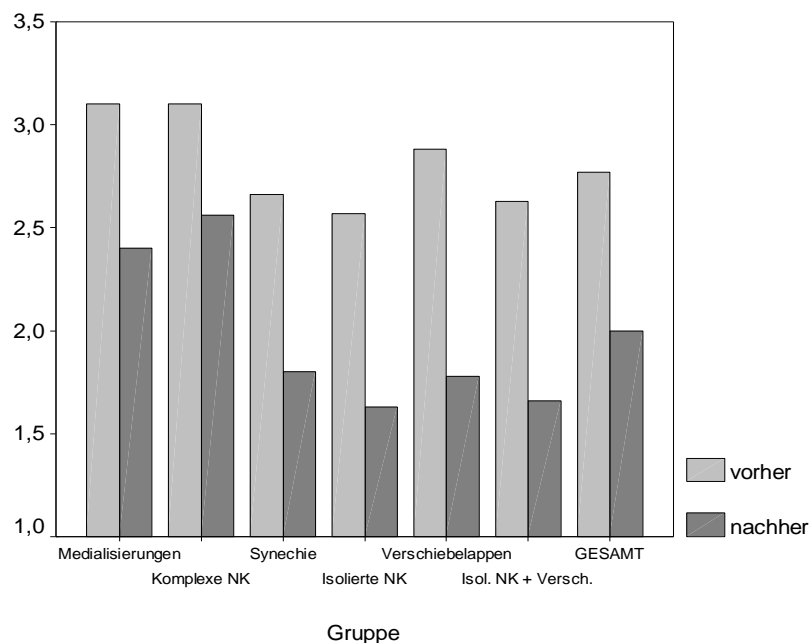
1. Waren Sie heiser? (QLQ-H&N35 Frage 16, entspricht Frage 46 in Abbildung 28)
2. Hatten Sie Schwierigkeiten mit anderen Leuten zu sprechen? (QLQ-H&N35 Frage 23, entspricht Frage 53 in Abbildung 28)
3. Hatten Sie Schwierigkeiten am Telefon zu sprechen? (QLQ-H&N35 Frage 24, entspricht Frage 54 in Abbildung 28)

Je niedriger der Wert auf der entsprechenden Skala, desto geringer sind die Beschwerden des Patienten ausgeprägt (s. Anhang 16.4, Abbildung 28).

Bei den relevanten Einzelitems QLQ-H&N35 Frage 16, 23 und 24 fiel der Wert für jedes einzelne Item in der Gesamtpopulation hochsignifikant. Auch der Mittelwert dieser Items, hier zusammengefasst unter dem Oberbegriff „Speech problems“, fiel in hochsignifikantem Maße.

Wurden die Ergebnisse der unterschiedlichen Therapiegruppen im Hinblick auf den Mittelwert der Einzelitems, also die „Speech Problems“, betrachtet, so konnte eine hochsignifikante Verringerung dieses Wertes für alle Therapiegruppen festgestellt werden.

Beide Ergebnisse belegen demnach eine hochsignifikante Verringerung der „Speech Problems“ sowohl in der Gesamtpopulation als auch in den einzelnen Therapiegruppen im prä- und postoperativen Vergleich.



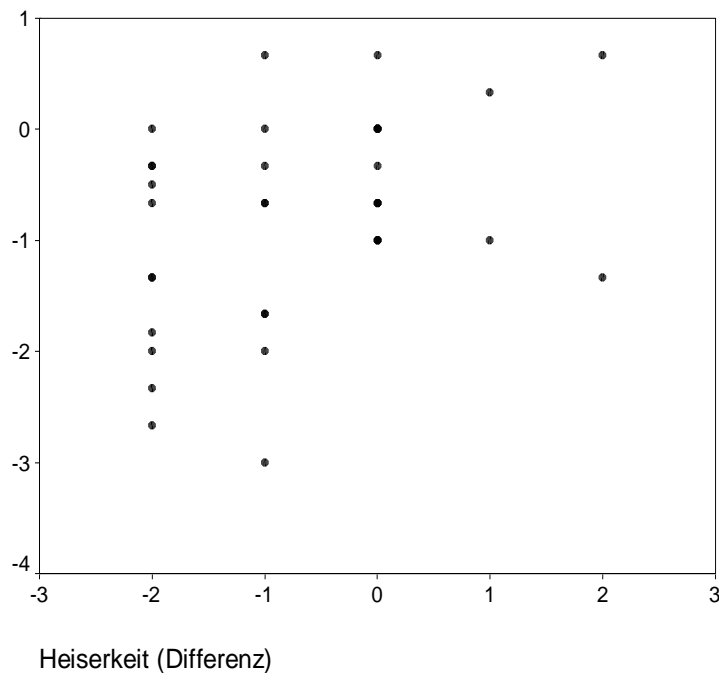
**Abbildung 23:** Die „Speech Problems“ ausgedrückt durch den Mittelwert der Fragen 16 (Frage 46, Abbildung 28), 23 (Frage 53, Abbildung 28) und 24 (Frage 54, Abbildung 28) aus dem QLQ-H&N35 Ergänzungsmodul der European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC).

### 9.1.3 Perzeptive Beurteilung der Stimmqualität nach der Rauheit-Behauchtheit-Heiserkeit Klassifizierung (RBH-Klassifizierung)

In der Gesamtpopulation war für die Items Behauchtheit und Heiserkeit eine hochsignifikante Verringerung der Werte zu beobachten. Der Rauigkeitsgrad verringerte sich signifikant.

Die Ausprägung des perzeptiven Heiserkeitsgrades konnte als einziger der drei perzeptiven Parameter hochsignifikant mit der subjektiven Stimmzufriedenheit der Patienten beziehungsweise dem Item „Note“ (vgl. Kapitel 9.1.1) und signifikant mit den „Speech problems“ korreliert werden.

Der Mittelwert „Speech Problems“ verringerte sich simultan und in signifikantem Maße mit einem postoperativ verringerten Heiserkeitsanteil der Stimme.



**Abbildung 24: Korrelation zwischen dem Item „Speech problems“ und dem perzeptiven Heiserkeitsgrad der Stimme ermittelt durch die logopädische Untersuchung nach dem RBH-Schema.**

Die entsprechenden Signifikanzniveaus der RBH-Klassifizierung für die Therapiegruppen sind den Tabellen im Anhang (Kapitel 16.1.4) zu entnehmen.

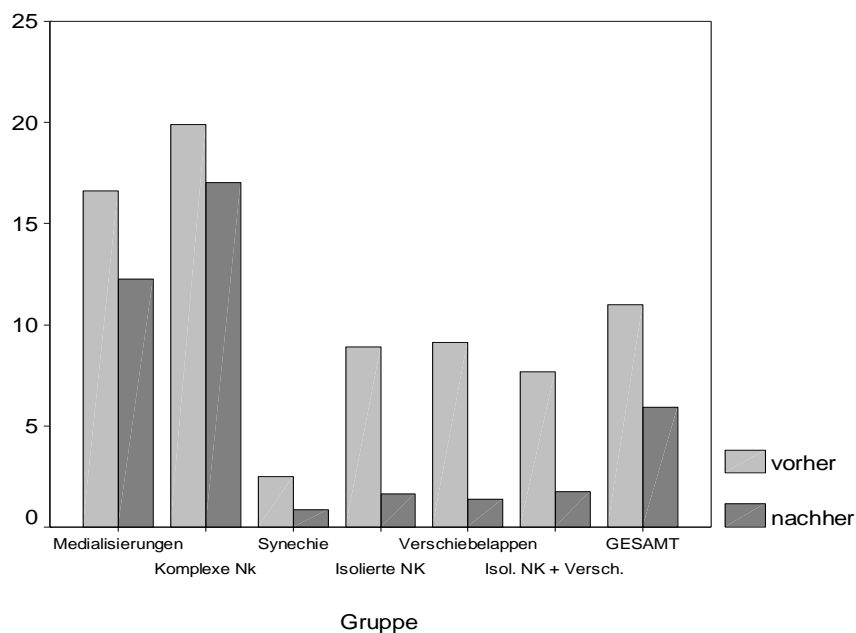
## 9.2 Objektive Parameter

### 9.2.1 Analyse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes

In der Gesamtpopulation waren lediglich für den Parameter „Jitter“ signifikante Unterschiede im prä- und postoperativen Vergleich der Daten des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes zu beobachten. Die Werte des „Jitter“ waren postoperativ hochsignifikant verringert.

In der Gruppe „Verschiebelappenplastik“ konnte eine signifikante Verringerung der Werte „Jitter“ und „Shimmer“ festgestellt werden. In derselben Gruppe stieg der Wert „GNE“ signifikant an und der Parameter „Rauschen“ verringerte sich signifikant.

Eine signifikante Verringerung des Wertes „Jitter“ wurde zudem in der Gruppe „isolierte Narbenkorrekturen + Verschiebelappenplastik“ dokumentiert.



**Abbildung 25:** Die Veränderung des Parameters „Jitter“ ermittelt durch das objektive Protokoll des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes im prä- und postoperativen Vergleich für die einzelnen Therapiegruppen.

Es konnte eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Mittelwert „Speech Problems“ und dem Parameter „Shimmer“ des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes festgestellt werden:

Bei einem Anstieg des Mittelwertes „Speech Problems“ war im Göttinger Heiserkeitsdiagramm auch ein signifikanter Anstieg der Störgröße „Shimmer“ zu verzeichnen.

Der Parameter „Jitter“ korrelierte hochsignifikant positiv mit dem Mittelwert QoL 1, 2 und 3.

Der Periodenkorrelationswert (Perr-Korr) des Göttinger-Heiserkeitsdiagrammes zeigte eine hochsignifikant negative Korrelation mit dem Mittelwert QoL 1 sowie eine signifikant negative Korrelation mit QoL 2 und 3.

Der logopädisch evaluierte perzeptive Heiserkeitsgrad konnte hochsignifikant positiv mit den Parametern „Jitter“ und „Shimmer“ korreliert werden.

Die Korrelation des Heiserkeitsgrades mit dem Periodenkorrelationswert (Perr-Korr) war hochsignifikant negativ.

Weiterhin zeigte der Periodenkorrelationswert (Perr-Korr) eine signifikant positive Korrelation mit dem Parameter Rauigkeit und eine signifikant negative Korrelation mit dem Parameter Behauchtheit.

Die Komponente „Irregularität“ korrelierte hochsignifikant positiv mit dem Heiserkeitsgrad und signifikant positiv mit dem Behauchtheitsgrad.

### **9.2.2 Analyse der Stimmumfangsprofiluntersuchung – Gesamtpopulation**

In der Gesamtpopulation konnte sowohl für das Lese- als auch für das Singstimmfeld ein hochsignifikanter Anstieg des Tonumfanges in Halbtönen [HT] beobachtet werden.

Die Spannen des Tonumfanges in Hertz [Hz] vergrößerten sich für das Lese- und Singstimmfeld signifikant.

Bei der Stimmdynamik bzw. Lautstärke der Patientenstimmen waren keine signifikanten Unterschiede im prä- postoperativen Vergleich zu beobachten.

In der Gruppe „Isolierte Narbenkorrekturen (NK)“ konnten wir einen hochsignifikanten Anstieg des Tonumfanges in Hertz und Halbtönen für das Lesestimmfeld feststellen, der Tonumfang in Halbtönen verbesserte sich für das Singstimmfeld signifikant.

Die Gruppe „Verschiebelappenplastik“ zeigte einen signifikanten Anstieg des Singstimmfeldes in Halbtönen.

In der Gruppe „Verschiebelappenplastik + isolierte Narbenkorrekturen (NK)“ wurde eine hochsignifikante Verbesserung für das Singstimmfeld und eine signifikante Verbesserung für das Lesestimmfeld jeweils in Halbtönen nachgewiesen.

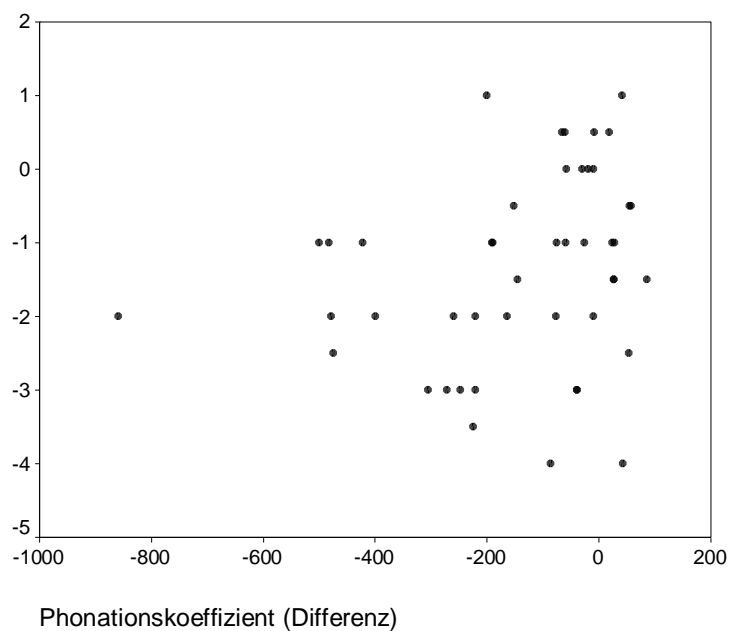


### 9.2.3 Analyse des Phonationskoeffizienten

In der Gesamtpopulation verringerte sich der Phonationskoeffizient in hochsignifikantem Maße.

In Bezug auf die Therapiegruppen konnte in der Gruppe „Medialisierungen“ eine hochsignifikante Verringerung des Phonationskoeffizienten dokumentiert werden. Die Gruppen „isolierte Narbenkorrekturen (NK)“, „Verschiebelappenplastik“ und „isolierte Narbenkorrekturen (NK) + Verschiebelappenplastik“ zeigten eine signifikante Verringerung.

Die subjektive Stimmzufriedenheit der Patienten beziehungsweise das Item „Note“ konnte signifikant positiv mit dem Phonationskoeffizienten korreliert werden: Je besser die Stimmzufriedenheit der Patienten ausfiel, desto geringer fielen die über den Phonationskoeffizienten errechneten Werte aus.



**Abbildung 26: Die Korrelation zwischen dem Item „Note“ und dem Phonationskoeffizienten**

## 10 Diskussion

### 10.1 Subjektive Parameter

#### 10.1.1 Subjektive Evaluation der Stimmzufriedenheit durch die Patienten

Die Vorstellung von einer normalen Stimme ist individuell unterschiedlich [Jones et al., 2006]. Auch Stimmstörungen werden von Patienten individuell unterschiedlich wahrgenommen und beurteilt.

Die subjektive Wahrnehmung der Stimme bestimmt maßgeblich die Zufriedenheit der Patienten mit ihrer Stimme.

Laut Carding und Mitarbeitern [2000] wünschen Patienten oft aufgrund des subjektiv wahrgenommenen Stimmklanges eine stimmverbessernde Therapie, deren Ergebnis sie auch anhand der subjektiv wahrgenommenen Stimmverbesserung beurteilen [Kreiman et al., 1993].

Zwischen der subjektiv empfundenen Stimmqualität und der Beurteilung durch geschulte Kliniker können durchaus Unterschiede bestehen. So können Patienten, die postoperativ für den Kliniker perzeptiv ein schlechtes Stimmbild aufweisen, durchaus mit diesem Ergebnis einer stimmverbessernden Operation zufrieden sein. Dies trifft auch im umgekehrten Falle zu.

Lee und Mitarbeiter [2005] ließen Patienten ihre Stimme anhand des GRBAS (Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain) -Schemas eigenständig beurteilen. Dieses Schema dient der subjektiv akustischen Stimmanalyse und ist dem in dieser Arbeit verwendeten Rauheit-Behauchtheits-Heiserkeits-Schema ähnlich. Der Vergleich dieser Ergebnisse mit der perzeptiven Beurteilung von geschulten Klinikern, ebenfalls anhand des GRBAS-Schemas, zeigte Unterschiede in der Stimmwahrnehmung. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Ergebnissen von Sapir et al. [1986].

Möglicherweise kann dieser Unterschied durch eine emotionale Komponente der Patienten begründet werden: Während geschulte Kliniker bewerten, was sie hören und sehen, bewerten Patienten nicht nur das, was sie hören, sondern auch das, was sie fühlen [Sapir et al., 1986]. Diese emotionale Komponente des Patienten ist für den Kliniker meist schwer wahrzunehmen und zu beurteilen.

Darüber hinaus scheint die Vorstellung eines „normalen Stimmbildes“ zwischen den Patienten sehr zu variieren und auch abhängig von der Erwartungshaltung der Patienten zu sein [Karnell et al., 2007]. Gerade Patienten in Sprechberufen, wie z.B. Lehrer, sind auf eine gute Stimmleistung angewiesen, um ihren Beruf angemessen ausüben zu können.

Auch kulturelle Unterschiede beeinflussen den Umgang mit Stimmerkrankungen [Krischke et al., 2005].

Lee und Mitarbeiter [2005] zählen in ihrer Arbeit weitere Faktoren auf, die die unterschiedliche Einschätzung der Stimmqualität von Patienten und Klinikern begründen.

Diese Komplexität und Individualität der Stimme erklärt, warum der subjektiven Beurteilung des Patienten ein hoher Stellenwert zugewiesen werden muss, um die stimmliche Situation in ihrer Ganzheit begreifen und beurteilen zu können.

Deshalb repräsentierte die subjektive Stimmzufriedenheit der Patienten in dieser klinischen Studie ein sehr wichtiges Bewertungskriterium für die Beurteilung eines Operationserfolges.

Sofern im Anschluss an stimmverbessernde Operationen eine subjektive Verbesserung der Stimmzufriedenheit festgestellt werden konnte, werteten wir dies als Operationserfolg. Diese Bewertung war unabhängig davon, ob die postoperativ verbesserte Stimmzufriedenheit anhand der objektiven Untersuchungsparameter belegt werden konnte.

Erfreulicherweise verbesserte sich die subjektiv empfundene postoperative Stimmzufriedenheit der Patienten, ausgedrückt durch die subjektive Benotung der Stimmqualität, sowohl in der Gesamtpopulation als auch in allen Therapiegruppen immer hochsignifikant.

Diese Ergebnisse implizieren einen äußerst effizienten und nach unserer Definition erfolgreichen Einsatz der narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operationen in der alltäglichen klinischen Praxis zum Wohle unserer Patienten.

### **10.1.2 Lebensqualität**

Die Lebensqualität eines Patienten ist definiert durch ein Gefühl des Wohlbefindens auf körperlicher, emotionaler und sozialer Ebene [Relic et al., 2001].

Die Berücksichtigung der Lebensqualität nimmt in der Therapieplanung einen immer wichtigeren Stellenwert ein. So wird z.B. der Einfluss von Krebserkrankungen und deren Behandlung auf die Lebensqualität der Patienten interdisziplinär aus klinischer und psychologischer Sichtweise intensiv erforscht [Bullinger 1994; Schindler et al., 2012; Seiferlein et al., 2012].

In einer Vielzahl von Studien wurde bereits die negative Auswirkung einer bestehenden Dysphonie auf die Lebensqualität der Patienten nachgewiesen [Cohen 2010; Rosanowski et al., 2009; Spina et al., 2009; Jones et al., 2006; Krischke et al., 2005; Wilson et al., 2002].

Auf dem Gebiet der Larynxonkologie kommen einige Autoren, wie z.B. Terrell und Kollegen [1998] und Menzebach [2006] zu dem Schluss, dass die Stimmqualität eine untergeordnete Rolle bezüglich der postoperativen Lebensqualität spielt.

In großen klinischen Studien konnte gezeigt werden, dass für Patienten mit malignen Erkrankungen im Kopf-Hals-Bereich eine kurative Therapie die oberste Priorität darstellt [List et al., 2000, 2004; Gill et al., 2011]. Eine Verschlechterung der Stimmqualität wird demnach in der Hoffnung auf eine kurative Heilung der Krebserkrankung schlicht in Kauf genommen, weil sie das kleinere Übel darstellt.

Das Patientenkollektiv dieser Studie unterlag zum Zeitpunkt der narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operationen sicherlich nicht einer derartigen innerlichen Auseinandersetzung mit einer Krebserkrankung, wie dies in den Studien von Menzebach [2006] und Terrell et al. [1998] der Fall war.

Obwohl sich eine Vielzahl der Patienten dieser Studie ursprünglich aufgrund von malignen Erkrankungen der Stimmlippen narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operation unterzog, stand zum Zeitpunkt der Datenerhebung unserer Studie immer die Stimmqualität im Vordergrund der Behandlung. Die verschlechterte Stimmqualität erzeugte einen enormen subjektiven Leidensdruck, der die Lebensqualität der Patienten deutlich einschränkte.

Der durchweg positive Trend der subjektiven Stimmzufriedenheit der Patienten konnte durch die Analyse der Lebensqualität bestätigt werden.

Die Lebensqualität der Gesamtpopulation verbesserte sich sowohl gemessen an dem Mittelwert für verschiedene Einzelitems, QoL 1 und QoL 3, als auch gemessen an dem Mittelwert der globalen Lebensqualität, QoL 2, hochsignifikant.

In den einzelnen Therapiegruppen konnten wir für QoL 1 eine hochsignifikante Verbesserung für die Gruppe „Medialisierungen“ feststellen. Die Gruppen „komplexe Narbenkorrekturen“ und „Synechie“ verbesserten sich signifikant.

Die globale Lebensqualität, QoL 2, wies hochsignifikante Verbesserungen in den Gruppen „Medialisierungen“, „Synechie“, „isolierte Narbenkorrekturen (NK)“ und „isolierte Narbenkorrekturen (NK) + Verschiebelappenplastik“ auf. Alle übrigen Gruppen verbesserten sich hinsichtlich dieses Parameters signifikant.

Noch eindeutiger verbesserten sich die Ergebnisse der Lebensqualität speziell in Bezug auf die stimmliche Situation der Patienten. Diese Resultate wurden unter dem Oberbegriff „Speech Problems“ analysiert.

In der Gesamtpopulation und in allen Therapiegruppen konnten wir hochsignifikante Verbesserungen der Lebensqualität aufgrund einer postoperativen Verringerung von stimmlich ausgeprägten Beeinträchtigungen feststellen.

Einen möglichen Erklärungsansatz hierfür bildet sicherlich die Fragestellung dieser Arbeit an sich.

So wurde im Rahmen dieser Studie gezielt ein Patientenkollektiv auf postoperative Stimmverbesserungen untersucht, welches sich präoperativ durch eine erhebliche Beeinträchtigung der Stimmqualität auszeichnete.

Die Patienten unterzogen sich narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operationen, weil ihr subjektiver Leidensdruck, bedingt durch ihre eingeschränkte Stimmqualität, eine subjektiv empfundene Verringerung Lebensqualität zur Folge hatte.

Die deutlichen Verbesserungen der Lebensqualität erfreuen umso mehr, da sie die postoperative Stimmzufriedenheit der Patienten, ermittelt durch die subjektive Benotung, um einen wichtigen Aspekt ergänzen.

Die zentrale Fragestellung dieser Studie, ob im prä- und postoperativen Vergleich eine subjektive Verbesserung in Bezug auf die Stimm- und Lebensqualität der Patienten festgestellt werden kann, kann damit an dieser Stelle bereits bejaht werden.

Diese Ergebnisse unterstreichen den Nutzen von stimmverbessernden Operationen für das Patientenkollektiv dieser Studie.

Die subjektive Stimmzufriedenheit und die Lebensqualität der Patienten verbesserten sich in entscheidendem Maße und rechtfertigen von diesem subjektiv evaluierten Standpunkt aus unserer Meinung nach nicht nur den Nutzen, sondern darüber hinaus sogar die Empfehlung zu stimmverbessernden Operationen bei Stimmlippenvernarbungen unterschiedlicher Genese.

Die Herstellung eines Zusammenhanges zwischen der Lebensqualität und der auf subjektiver Basis ermittelten Stimmqualität der Patienten scheint unserer Auffassung nach durchaus gerechtfertigt.

### **10.1.3 Rauheit-Behauchtheit-Heiserkeit Klassifizierung (RBH-Klassifizierung)**

Zu den subjektiven Bewertungen der Stimmqualität zählen wir auch die perzeptive Stimmanalyse anhand des RBH-Schemas.

Ogleich diese Evaluation nicht auf der subjektiven Meinung der Patienten beruht, so ist sie doch abhängig von der subjektiven Beurteilung des Untersuchers.

Die perzeptive Beurteilung der Stimme durch einen erfahrenen Untersucher hat sich in der Praxis als ein nützliches Instrument in der Stimmanalyse bewährt [de Bodt et al., 1997; De Jonckere et al., 1998; Webb et al., 2004; Carding et al., 2009] und wird von der European Laryngological Society (ELS) als Standard in der multidimensionalen Beurteilung von phonochirurgischen Behandlungen angesehen [Dejonckere et al., 2001].

Auch die Ergebnisse dieses Untersuchungsverfahrens bestätigten den positiven Trend der subjektiven Untersuchungen.

Bezogen auf die Gesamtpopulation konnte postoperativ eine hochsignifikant Verringerung des Behauchtheits- und Heiserkeitsgrades der Stimme dokumentiert werden. Der Rauigkeitsanteil der Stimme verringerte sich postoperativ signifikant.

Die Ergebnisse dieser klinischen Studie implizieren, dass ganz besonders der Heiserkeitsgrad der Stimme die Patienten wesentlich hinsichtlich ihrer subjektiven Stimmzufriedenheit und Lebensqualität beeinflusst.

Untermauert wurde diese Hypothese besonders durch zwei Korrelationen:

Zum einen konnte eine hochsignifikant positive Korrelation zwischen der subjektiven Stimmzufriedenheit der Patienten beziehungsweise dem Item „Note“ und dem Heiserkeitsgrad des Stimmbildes berechnet werden. Dies bedeutet, dass der Heiserkeitsgrad des Stimmbildes bei einer Verbesserung der Stimmzufriedenheit, ausgedrückt durch eine postoperativ bessere Benotung, abnahm. Umgekehrt waren Patienten mit einem ausgeprägten Heiserkeitsgrad des Stimmbildes zunehmend unzufrieden mit ihrer Stimme.

Zum anderen wurde im Einklang mit diesen Ergebnissen festgestellt, dass Patienten mit einem postoperativ reduzierten Heiserkeitsgrad eine subjektiv verbesserte Lebensqualität empfanden. Dies wird durch die positive Korrelation zwischen dem Mittelwert „Speech Problems“ und der Heiserkeit belegt.

Betrachtet man die Inhalte der Fragen zu dem Oberbegriff „Speech Problems“,

1. Waren Sie heiser? (QLQ-H&N35 Frage 16, entspricht Frage 46 in Abbildung 28)
2. Hatten Sie Schwierigkeiten, mit anderen Leuten zu sprechen? (QLQ-H&N35 Frage 23, entspricht Frage 53 in Abbildung 28)
3. Hatten Sie Schwierigkeiten, am Telefon zu sprechen? (QLQ-H&N35 Frage 24, entspricht Frage 54 in Abbildung 28)

so liefern diese einen entscheidenden Erklärungsansatz für die herausragende Bedeutung des Heiserkeitsgrades.

Der Inhalt dieser Fragen bezieht sich in seinem Kern auf die grundlegende Fähigkeit zur verbalen Kommunikation.

Eine Beeinträchtigung oder gar der Verlust der verbalen Kommunikationsfähigkeit durch einen ausgeprägten Heiserkeitsgrad der Stimme kann für Patienten eine deutliche Einschränkung auf persönlicher, psychischer, emotionaler sowie sozialer und beruflicher Ebene führen [Scott et. al., 1997; Murry et al., 2000; Spina et al., 2009]

Die herausragende Bedeutung des Parameters „Heiserkeit“ konnte darüber hinaus anhand objektiver Messparameter im Göttinger Heiserkeitsdiagramm untermauert werden.

So stiegen die Messwerte für die Parameter „Jitter“ und „Shimmer“ mit zunehmendem perzeptiven Heiserkeitsgrad der Stimme hochsignifikant an. Der Periodenkorrelationswert „Perr-Korr“ verringerte sich in hochsignifikantem Maße. Alle drei Messgrößen indizieren somit eine Verschlechterung der Stimmqualität bei einem Anstieg des perzeptiven Heiserkeitsgrades.

Die perzeptive Stimmbeurteilung durch die Logopädin korrelierte demnach mit wichtigen subjektiven und objektiven Parametern und war in dieser Studie deshalb eine sinnvolle Ergänzung der objektiven Stimmdiagnostik.

## 10.2 Objektive Parameter

### 10.2.1 Das Göttinger Heiserkeitsdiagramm

Auf den ersten Blick erscheinen die Ergebnisse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes nicht sehr aussagekräftig. Für die Gesamtpopulation zeigte sich postoperativ lediglich eine hochsignifikante Verringerung des Parameters „Jitter“.

In der Gruppe „Verschiebelappenplastik“ wurde postoperativ eine signifikante Verringerung der Parameter „Jitter“, „Shimmer“, und „Rauschen“ dokumentiert. Der Parameter „GNE“ stieg in dieser Gruppe postoperativ signifikant an. Die Gruppe „Verschiebelappenplastik + isolierte Narbenkorrektur“ zeigte postoperativ signifikant verringerte „Jitter“-Werte.

Aufgrund der deutlichen Verbesserungen für die subjektive, postoperative Stimmzufriedenheit und Lebensqualität hätte eine deutlichere Verbesserung der Parameter des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes erwartet werden dürfen.

Dennoch kann der Nutzen des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes als aussagekräftige Untersuchungsmethode durch bedeutende Korrelationen mit wichtigen subjektiven Parametern gerechtfertigt werden.

Die drei entscheidenden objektiven Störgrößen des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes „Jitter“, „Shimmer“ und der Periodenkorrelationswert (Perr-Korr) korrelierten gemäß den Ergebnissen unserer Studie mit der auf subjektiver Basis ermittelten Lebensqualität der Patienten, ausgedrückt durch die Mittelwerte QoL 1 und 3 sowie den „Speech-Problems“

Bei einer Verschlechterung beziehungsweise einem Anstieg des Mittelwertes QoL 1 erhöhte sich ebenso der Parameter „Jitter“ des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes hochsignifikant, während sich der Periodenkorrelationswert (Perr-Korr) hochsignifikant verringerte, was als Hinweis auf ein unharmonisches Stimmbild zu werten ist.



Bei einer Verschlechterung der Lebensqualität bzw. einem Anstieg des Mittelwertes QoL 3 war im Göttinger-Heiserkeitsdiagramm ebenfalls ein hochsignifikantes Ansteigen des Parameters „Jitter“ zu beobachten, der Periodenkorrelationswert verringerte sich gleichzeitig signifikant und deutete damit ein zunehmend unharmonisches Stimmbild an.

Eine Zunahme bzw. Verschlechterung der „Speech Problems“ war mit einem signifikanten Ansteigen der Störgröße „Shimmer“ des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes verbunden.

Diese Korrelationen belegen einen Zusammenhang zwischen den auf subjektiver Basis erhobenen Parametern der Lebensqualität (QoL1 und 3 sowie „Speech Problems“) und den drei wichtigen objektiv ermittelten Störgrößen, „Jitter“, „Shimmer“ und dem Periodenkorrelationswert des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes.

Die Korrelation der globalen Lebensqualität, ausgedrückt durch den Wert QoL 2, mit den Werten des Göttinger-Heiserkeitsdiagrammes implizierte unverständlicherweise eine konträre Tendenz: Bei einer postoperativ subjektiven Verbesserung der Lebensqualität stieg der Parameter „Jitter“ hochsignifikant an und der Periodenkorrelationswert zeigte eine signifikante Verringerung der Harmonie des Stimmbildes an.

Dieses Ergebnis kann unsererseits nicht nachvollziehbar begründet werden und verwundert umso mehr, weil die globale Lebensqualität, QoL 2, mit in den Parameter QoL 3 einfluss.

Trotzdem ist das Göttinger Heiserkeitsdiagramm unserer Ansicht nach eine wichtige Untersuchung in der Stimmdiagnostik und sollte im Zusammenhang mit phonochirurgischen Eingriffen standardmäßig durchgeführt werden.

### **10.2.2 Die Stimmfeldmessung (Voice Range Profile)**

Die Stimmfeldmessung wird heutzutage von der Europäischen Laryngologische Gesellschaft (ELS) als ein Standardverfahren zur Beurteilung der Effizienz von phonochirurgischen Behandlungen vorgeschlagen [Dejonckere et al., 2001].

Coleman [1993] beschrieb die Stimmfeldmessung als eine Untersuchung, die die Funktion des gesamten Vokaltraktes veranschaulicht.

Demnach lässt sich keine direkte Korrelation zwischen Stimmfeldmessungen und der laryngealen Funktion beziehungsweise der Stimmlippenfunktion herstellen. Individuell variable Faktoren wie z.B. das Lungenvolumen und die individuelle Anatomie des Vokaltraktes sind auch Teil des stimmbildenden Apparates und beeinflussen daher die Stimmgebung.

Dennoch fließt die Qualität der Stimmlippenschwingung als Teilaspekt mit in diese Untersuchung ein.

In dieser klinischen Studie wurden Stimmfeldmessungen im prä- und postoperativen Verlauf von narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operationen im Sinne von Verlaufskontrollen durchgeführt. Individuelle Faktoren wie z.B. das Lungenvolumen veränderten sich postoperativ nicht wesentlich. Die spezifische Anatomie des Vokaltraktes wurde allerdings durch die stimmverbessernden Operationen an den Stimmlippen gezielt beeinflusst beziehungsweise verändert.

Deshalb konnten in dieser Studie postoperative Verbesserungen des Stimmfeldes unmittelbar auf eine verbesserte Funktion der Stimmlippen zurückgeführt werden.

Die postoperativen Erhebungen des Lese- und Singstimmfeldes in unserer Studie zeigten in der Gesamtpopulation hochsignifikante Verbesserungen in Bezug auf den Tonumfang in Halbtönen [HT] und signifikante Verbesserungen in Bezug auf den Tonumfang in Hertz [Hz]. Die Stimmdynamik zeigte keine signifikanten Veränderungen.

Diese Ergebnisse unterstreichen erneut den Nutzen der stimmverbessernden Operationen.

Dennoch muss die Stimmfeldmessung sachgemäß durchgeführt werden, um verlässliche Ergebnisse zu erhalten.

So zählt Coleman [1993] in seiner Arbeit verschiedene, patientenbasierte und methodentechnische Fehlerquellen auf, die die Ergebnisse der Stimmfeldmessung beeinflussen und verfälschen können.

Reker [1990] verweist darauf, dass die Stimmfeldmessungen von erfahrenen Untersuchern durchgeführt werden sollte, um musikalisch unerfahrene Patienten anleiten zu können.

Dies sei von entscheidender Wichtigkeit, da unmusikalische Patienten häufig die geforderte Tonhöhe nicht treffen und so Laute produzierten, die die Untersuchungsergebnisse verfälschen könnten.

Ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Beurteilung der postoperativen Stimmqualität stellt die stimmliche Vorbildung von Patienten dar.

Sulter und Kollegen [1995] wiesen nach, dass stimmlich vorgebildete und trainierte Personen gegenüber stimmlich untrainierten Patienten ein größeres Stimmfeld aufweisen, was sich besonders in sanfter Tonlage bemerkbar mache. Zudem berichten sie über geschlechtsspezifische Unterschiede.

Verständlicherweise können stimmlich geschulte Chorsänger deshalb gegenüber den Stimmfeldern von Normalsprechern immer noch deutlich größere Stimmfelder aufweisen, obwohl ihr Stimmumfang durch narbige Stimmlippenveränderungen bereits eingeschränkt ist.

Außerdem sollten Übungs- bzw. Lerneffekte, welche bei wiederholtem Durchführen der Stimmfeldmessungen auftreten, möglichst vermieden werden [Holmberg et al., 2007].

Unserer Ansicht nach liefert die Stimmfeldmessung, angewendet durch einen erfahrenen Untersucher, wertvolle Informationen in der Verlaufsbeurteilung nach phonochirurgischen Maßnahmen und ist ein essenzieller Baustein in der multidimensionalen Stimmbeurteilung. Holmberg und Kollegen [2007] bezeichnen die Stimmfeldmessung als nützliches Instrument zur qualitativen Verlaufsbeurteilung der Stimmqualität nach Stimmtherapie bei Patienten mit Vocal fatigue.

Die Aussagekraft des Stimmfeldes allein ist jedoch beschränkt und weist Schwachstellen gerade in der Beurteilung funktioneller Stimmstörungen auf [Riedmüller et al., 2010].

Das diagnostische Potenzial der Stimmfeldmessungen ist eher eingeschränkt. Gemäß Nawka und Kollegen [2006] gestattet die Stimmfeldmessung keine exakte Diagnose einer spezifischen Stimmstörung. Gleiche Profile könnten unterschiedlichen Störungsbildern entsprechen und Stimmstörungen gleicher Ursache könnten unterschiedliche Profilformen haben.

In dieser Studie lieferte die Stimmfeldmessung, eingebettet in einen multidimensionalen Ansatz der Stimmevaluation, einen wertvollen Beitrag zur Beurteilung des Nutzens stimmverbessernder Operationen bei Vernarbungen der Stimmlippen.

### 10.2.3 Aerodynamik

Patienten mit Stimmlippenvernarbungen leiden an einer verminderten Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen. In Tierversuchen konnte gezeigt werden, dass Ausprägungsgrad und Lokalisation des Narbengewebes die Phonation entscheidend beeinflussen [Berry et al., 2005]. Isshiki [2000] berichtet, dass trockene Luft eine verminderte Viskoelastizität der Stimmlippen verstärkt.

Zudem weisen Patienten mit Stimmlippenvernarbungen häufig Substanzdefizite der Glottis auf, welche meist iatrogen durch Resektion von Stimmlippengewebe verursacht werden.

Substanzdefizite führen zu turbulenten Luftströmen über der Glottis, die das Stimmbild behaucht erscheinen lassen.

Zudem fehlt der gesunden Stimmlippe ein ausreichendes Widerlager zur Erzeugung einer physiologischen Stimmlippenschwingung mit vollständigem Glottisschluss während der Phonation.

Die Tonhaldedauer ist verkürzt, da der Luftstrom aus der Lunge, welcher den subglottischen Anblasedruck zum Erzeugen einer Stimmlippenschwingung generieren sollte, über die Leckage schlicht verpufft.

Je nach Ausmaß der Resektion wird auch die anatomische Konfiguration der Glottis bedeutend verändert, was die phonatorischen Eigenschaften der Glottis wesentlich beeinflussen und verschlechtern kann [Lucero 1998; Li et al., 2006, a, b; Jiang et al., 2007].

Nach Ansicht von Kruse [1997] besteht auf der Glottisebene eine Art Messfühlerfunktion. Bei Veränderungen der Stimmlippenschwingungen und des phonatorischen Glottisschlusses könne es unwillkürlich zur Aktivierung von phonatorischen Kompensationsmechanismen kommen.

Vermutlich sind es afferente Nervenfasern in der Submukosa der supraglottischen Sphinkteren, die zu einer Aktivierung dieser Kompensationsmechanismen führen [Adzaku et al., 1979, 1982; Adzaku 1980]. Unterstützt wird diese These von Young und Kollegen [2012], die nach elektrophysiologischen Untersuchungen an Schweinelarynxen vermuteten, dass die Taschenfaltenadduktion durch eine Kontraktion des Ventrikularismuskels hervorgerufen wird, welcher über den N. laryngeus recurrens innerviert wird.

Kruse et al. [1997] analysierten mit Hilfe des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes die akustische Stimmqualität von Patienten, die sich zuvor minimalinvasiven laserchirurgischen Operationen der Stimmlippen mit anschließender rehabilitativer logopädischer Stimmtherapie unterzogen hatten.

Sie differenzierten hierbei zwischen vier unterschiedlichen postoperativen Ersatzphonationsmechanismen, wovon zwei auf glottischer Ebene und zwei weitere auf supraglottischer Ebene lagen:

1. Glottische Ersatzphonation mit Schwingung beider Stimmlippen
2. Glottische Ersatzphonation ohne Schwingung der operierten Stimmlippe
3. Ventrikuläre Ersatzphonation (Taschenfaltenstimme)
4. Ary-epiglottische Ersatzphonation

Es zeigten sich in der Gruppe der Ersatzphonationsmechanismen deutliche Unterschiede bezüglich der postoperativen Stimmqualität. Ersatzphonationsmechanismen auf glottischer Ebene wiesen die beste Stimmqualität in Bezug auf Rauigkeit und Behauchung auf.

Diese Aussage korrelierte mit dem Ergebnis von Sittel und Kollegen [1998], dass die postoperative Stimmqualität nach laserchirurgischer Kehlkopfteilresektion in erster Linie von dem videolaryngostroboskopisch erkennbaren Ersatzphonationsmechanismus abhängt.

Weiterhin konstatiert Menzebach [2006] dass die postoperative Phonation auf glottischer Ebene hinsichtlich aller akustisch gemessenen Parameter der supraglottischen Ersatzphonation signifikant überlegen ist. Zudem bemerkte Menzebach [2006], dass bei postoperativer Phonation auf glottischer Ebene die geringste Verschlechterung des Phonationsquotienten festzustellen war.

Demnach ist das wichtigste Ziel stimmverbessernder, narbenkorrigierender Operationen die Wiederherstellung der Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen und die Korrektur eines Substanzdefizites der Glottis.

So soll postoperativ die Ausbildung supraglottaler Ersatzphonationsmechanismen verhindert werden und möglichst eine glottale Phonation erreicht werden.

In dieser Studie wurde zur Beurteilung der aerodynamischen Komponente der Phonationskoeffizient berechnet. Der Phonationskoeffizient ist ein Maß für den Luftfluss pro Zeiteinheit über die Glottis.

Bei ausgeprägten Substanzdefiziten oder einem unvollständigem Glottisschluss während der Phonation aufgrund eines verringerten Schwingungsvermögens der vernarbten Stimmlippen erhöht sich der Luftfluss pro Zeiteinheit über die Glottis.

Gleichzeitig verringert sich die Tonhaldedauer und der Phonationsquotient steigt an.

Außerdem erhöht sich aufgrund der turbulenten Luftströme über der Glottis der Behauchtheitsgrad der Stimme.

In dem Gesamtkollektiv der Patienten dieser Studie verringerte sich der Phonationskoeffizient postoperativ hochsignifikant.

In der Therapiegruppe „Medialisierungen“ lässt sich die charakteristische Veränderung des oben erwähnten Behauchtheitsgrades und des Phonationskoeffizienten besonders gut nachvollziehen.

Medialisierungsoperationen werden bei Patienten mit besonders ausgeprägten und hochsymptomatischen Substanzdefekten der Glottis durchgeführt, um die Glottisinsuffizienz zu beheben und ein ausreichendes Widerlager für die gesunde Stimmlippe zu schaffen.

In dieser Therapiegruppe verminderte sich der perzeptive Behauchtheitsgrad, als Maß für turbulente Luftströmungen über der Glottis, postoperativ hochsignifikant.

Der Phonationskoeffizient verringerte sich ebenfalls hochsignifikant und im Vergleich der Therapiegruppen untereinander am stärksten.

Die Durchschnittswerte für die Items der Lebensqualität, QoL 1 und 2 sowie für die „Speech Problems“ zeigten in dieser Therapiegruppe jeweils hochsignifikante Verbesserungen, was die immense Wichtigkeit der suffizienten Therapie einer Glottisinsuffizienz unterstreicht.

Die subjektive Stimmzufriedenheit der Patienten konnte signifikant positiv mit dem Phonationskoeffizienten korreliert werden: Je zufriedener die Patienten mit ihrer Stimme waren, desto geringer fielen die über den Phonationskoeffizienten errechneten Werte aus.

Demnach konnte ein weiterer Zusammenhang zwischen einem objektiven und subjektiven Parameter hergestellt werden.

### **10.3 Zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf die zentralen Fragestellungen der Studie**

Anhand der Ergebnisse unserer Studie lassen sich die eingangs formulierten, zentralen Fragestellungen dieser Studie nun abschließend beurteilen.

1. Kann durch narbenkorrigierende Operationen der Stimmlippen für die Patienten eine subjektive Verbesserung in Bezug auf ihre Stimmqualität erreicht werden?
2. Kann durch narbenkorrigierende Operationen der Stimmlippen für die Patienten eine subjektive Verbesserung in Bezug auf ihre Lebensqualität erreicht werden?
3. Können subjektiv empfundene Verbesserungen der Stimm- und Lebensqualität nach narbenkorrigierenden Operationen der Stimmlippen anhand akustisch objektiver Parameter belegt werden?
4. Kann anhand der Klassifizierung der verschiedenen Chordektomietypen in Anlehnung an die Richtlinien der European Laryngological Society (ELS) [Remacle et al., 2000] eine Klassifizierung für Stimmlippenvernarbungen etabliert werden, aus der sich entsprechende operative Therapieansätze ableiten lassen?

Die subjektiv ermittelten Parameter, Stimmzufriedenheit und Lebensqualität verbesserten sich postoperativ im Gesamtkollektiv hochsignifikant. Die perzeptive Stimmbeurteilung durch die Logopädin zeigte für das Gesamtkollektiv der Patienten postoperativ eine hochsignifikante Reduktion des Behauchheits- und Heiserkeitsgrades und eine signifikante Verringerung des Rauigkeitsgrades.

Wir werten dies als eine Bestätigung des Erfolges und der Effizienz der narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operationen.

Unter den subjektiven Untersuchungsergebnissen konnte die Heiserkeit als subjektiver, durch die Logopädin ermittelter, perzeptiver Parameter, mit dem ebenfalls auf subjektiver Basis ermitteltem Mittelwert der „Speech Problems“ und dem Item „Note“ korreliert werden.

Darüber hinaus konnten die auf subjektiver Basis ermittelten Parameter durch objektive akustische Messungen nachvollzogen werden.

So korrelierten die drei wesentlichen Parameter des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes, „Jitter“, „Shimmer“ und der Periodenkorrelationswert (Per-Korr), mit den Mittelwerten der Lebensqualität QoL 1, 2 und 3 sowie den „Speech Problems“.

Alle drei Parameter korrelierten ebenfalls mit dem perzeptiven Heiserkeitsgrad der Stimme.

Der Phonationskoeffizient als weiterer wichtiger objektiver Parameter zeigte eine signifikante Korrelation mit der subjektiven Stimmzufriedenheit, ausgedrückt durch das Item „Note“: Mit zunehmendem Zufriedenheitsgrad der Patienten verringerte sich der Phonationskoeffizient.

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass Patienten mit Stimmlippenvernarbungen hinsichtlich ihrer subjektiven Stimmzufriedenheit und Lebensqualität von stimmverbessernden, narbenkorrigierenden Operationen profitieren. Diese subjektiven Verbesserungen konnten wir zusätzlich anhand objektiver Messgrößen bestätigen.

Die Einteilung der Vernarbungen nach dem Schema der HNO-Universitätsklinik Gießen hat sich für diese Studie als sehr nützlich erwiesen.

Zur Klassifikation verschiedener Narbenformationen und Auswahl eines entsprechenden Behandlungsverfahrens ist die Einteilung nach Glanz [2005], die eine gewisse klinische Erfahrung und Sensibilität des Operators voraussetzt, in der klinischen Praxis sehr hilfreich.

Ob die von Glanz [2005] entwickelte Klassifizierung der Narbentypen in der klinischen Praxis eine breitere Anwendung finden wird, bleibt in Zukunft abzuwarten.



## 10.4 Therapieansätze der Zukunft und Ausblick

Operative Therapieansätze zur Behandlung von Stimmlippenvernarbungen, wie in dieser klinischen Studie untersucht, können subjektive und objektive Parameter zum Wohle der Patienten verbessern. Die Ergebnisse stimmverbessernder, narbenkorrigierender Operationen sind vielversprechend.

Dennoch muss es oberste Priorität sein, die Ausbildung von Narbengewebe bei operativen Eingriffen möglichst zu vermeiden, beziehungsweise auf ein Minimum zu reduzieren.

Hierzu sollten stets die von Benninger [1996] aufgestellten Richtlinien beachtet werden: Minimale Gewebeexzision, Vermeidung von Verletzungen tiefer Gewebeschichten sowie Vermeidung von thermischer Fibroblastenaktivierung.

Zur Limitierung der Gewebeexzision kann die Microflaptechnik in unterschiedlichen Variationen angewendet werden [Bouchayer et al., 1992; Courey et al., 1995, 1997; Sataloff et al., 1995; Hochmann et al., 2000].

Ein weiteres Kriterium zur Vermeidung von Stimmlippenvernarbungen nach endoskopischer Phonochirurgie ist der Einsatz endoskopischer Mikronähte. Woo und Mitarbeiter [1995] befürworteten nach einer klinischen Studie an 18 Patienten die routinemäßige Anwendung von Mikronähten zum Verschluss von Epitheldefekten der Stimmlippen. So könnten Stimmlippendefekte reduziert und die primäre Wundheilung beschleunigt werden. Flemming und Kollegen [2001] konnten in einer tierexperimentellen Studie an Hundestimmrippen Daten erheben, die nahelegten, dass der Verschluss von Epitheldefekten der Stimmlippen mit Mikronähten Vernarbungstendenzen reduzieren kann.

Deswegen sind endolaryngeale Mikronähte in der HNO-Universitätsklinik Gießen bei phonochirurgischen Eingriffen ein Standardverfahren.

Der Einsatz eines CO<sub>2</sub>-Lasers vermindert intraoperative Blutungen, weil kleinere, endolaryngeale Gefäße durch den Laser thermokoaguliert werden [Karduck et al., 1979; Dailey et al., 2006].

Dennoch sollte die Indikation zur laserchirurgischen Behandlung bei gutartigen Stimmlippenerkrankungen eng gestellt werden, da die thermische Komponente dieses Verfahrens durch Fibroblastenstimulierung in tieferen Gewebeschichten das Risiko einer Narbenbildung erhöht [Ossoff et al., 1991; Steiner 1993; Zeitels 1996 a, 2004; Garret et al., 2000].

In Tierversuchen konnte zudem gezeigt werden, dass die Wundheilung nach laserchirurgischen Hautexzisionen im Vergleich zur Exzision mit Kaltinstrumenten verlängert ist [Middleton et al., 1993; Molgat et al., 1995].

Die Anwendung von kalten Instrumenten ermöglicht im Gegensatz zur Laserchirurgie die taktile, propriozeptive Beurteilung von Stimmlippenläsionen und kann so weiteren Aufschluss über Beschaffenheit und Ausdehnung von Narbengewebe liefern. Dies erleichtert einen maximalen Erhalt der spezifischen, histologischen Mikrostruktur der Stimmlippen [Zeitels 1996 b].

In der HNO-Universitätsklinik Gießen werden deshalb hauptsächlich kalte chirurgische Instrumente bei der Durchführung der beschriebenen Chordektomieverfahren eingesetzt.

Durch neuartige, verbesserte Lasertechniken könnten sich allerdings in Zukunft in der Phonochirurgie neue Möglichkeiten erschließen, die bessere Ergebnisse der Stimmlippenheilung mit reduzierter Vernarbungstendenz erwarten lassen [Garrett et al., 2002; Remacle et al., 2005].

Mit Hilfe der Optischen-Kohärenz-Tomographie (OCT), insbesondere der Polarisations-Sensitiven Optischen-Kohärenz-Tomographie (PS-OCT) [Burns et al., 2005, 2011; Burns 2012] entwickelt sich derzeit ein minimalinvasives Verfahren, welches die Ausdehnung von Narbengewebe in tiefere Gewebeschichten der Stimmlippen analysiert. Diese vielversprechende Untersuchungsmethode eröffnet neue diagnostische Möglichkeiten und könnte sich in der Zukunft als weiterer wichtiger Baustein in der präoperativen Planung von stimmverbessernden, narbenkorrigierenden Operationen etablieren und die Operationsergebnisse weiter verbessern.

Trotz der ermutigenden Fortschritte auf dem Gebiet der narbenkorrigierenden Operationen kann eine Stimmlippenvernarbung bisher laut Glanz [2005] operativ nie vollständig austherapiert werden, sondern nur durch neues, bestenfalls weniger störendes Narbengewebe ersetzt werden.

Eine weitere Herausforderung besteht in der Etablierung einer allgemein akzeptierten Narbenklassifizierung mit einem daraus ableitbaren Behandlungsalgorithmus [Welham et al., 2011; Friedrich et al., 2013 a]. Bis heute ist die Narbenchirurgie mangels einer adäquaten Einteilung stark von den individuellen Erfahrungen des Operateurs abhängig.

Eine Alternative oder Ergänzung zur operativen Behandlung stellt die Modulation endogener biologischer Mechanismen dar. Auf diesem Gebiet hat sich im Laufe der Zeit eine Vielzahl an Behandlungsmethoden aufgetan.

Zur Reduktion der Steifheit des Narbengewebes und Verbesserung der Schwingungseigenschaften wurden in der Vergangenheit eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien in die Stimmlippen injiziert und implantiert.

Außerdem soll hierdurch eine Augmentation der vernarbten Stimmlippe zur Verbesserung einer bestehenden Glottisinsuffizienz erreicht werden.

Injektionsversuche mit Kollagen zur Behandlung von Glottisinsuffizienzen wurden in der Vergangenheit intensiv von Ford und Kollegen [1987 a und b, 1992, 1993, 1995] erforscht. Glottisinsuffizienzen konnten so reduziert und perzeptive und akustische Parameter verbessert werden. Außerdem berichteten Ford et al. [1987 b] nach wiederholten Kollagen-Injektionen über ein Aufweichen des Narbengewebes. Wiederholte Injektionen seien besonders bei Stimmlippenvernarbungen notwendig, da das derbe Narbengewebe ein Auffüllen dieses Areales mit Kollagen erschwere [Ford et al., 1993]. Diese Ansicht vertreten auch Martínez Arias et al. [2010]. Sie sehen die chirurgische Auflockerung des Narbengewebes vor einer Kollagen-Injektion als entscheidenden Schritt zur Verbesserung der Stimmlippenschwingung und einer Glottisinsuffizienz an. Ansonsten verteile sich das Kollagen nicht ausreichend im vernarbten Gewebe.

Kollagen-Injektionen sind jedoch nur für moderate Glottisinsuffizienzen geeignet [Ford et al., 1992], und die Resorptionsrate des Kollagens schwankt nach Angaben von Sittel und Plinkert [2005] zwischen 6-18 Monaten, so dass wiederholte Injektionen notwendig werden können [Dailey et al., 2006].

Auch autologes Fettgewebe wurde in der Vergangenheit wegen seiner im Vergleich zur superfiziellen Lamina propria hervorragenden biomechanischen Eigenschaften [Rosen 2000] vermehrt in Stimmlippen injiziert [Mikaelian et al., 1991; Brandenburg et al., 1992; Hsiung et al., 2003] und implantiert [Wexler et al., 1989; Sataloff et al., 1997; Sataloff 2010; Neuenschwander et al., 2001].

Die Ergebnisse dieser Studien hinsichtlich perzeptiver, akustischer und stroboskopischer Parameter und Korrektur von Glottisinsuffizienzen waren vielversprechend.

Ein Schwachpunkt von Fettimplantationen und Fettinjektionen ist allerdings der nicht vorhersehbare Resorptionsgrad des autologen Fettgewebes, welcher auch in der Literatur stark variiert [Bauer et al., 1995; Brandenburg et al., 1996]. Letzterer scheint auch von der Entnahmetechnik [Shaw et al., 1997] und Aufbereitung [Mikus et al., 1995] des Transplantates abhängig zu sein.

Auch Hyaluronsäure als injizierbare Substanz ist in den Mittelpunkt der Forschung gerückt. Hyaluronsäure ist ein natürlicher Bestandteil der extrazellulären Matrix der Lamina propria des Reinkeschen Raumes.

Sie fungiert als Schlüsselmolekül zur Aufrechterhaltung der idealen viskoelastischen Struktur des Stimmlippengewebes [Chhetri et al., 2010]. Somit gewährleistet sie neben weiteren Proteoglykanen ein optimales Schwingungsverhalten der Stimmlippen bei Phonation [Gray et al., 1999]. Die Extraktion von Hyaluronsäure aus dem Stimmlippengewebe bewirkt laut Chan und Mitarbeitern [2001] eine Veränderung der Viskoelastizität der Stimmlippen. Hertegard und Kollegen [2002] beschrieben das Potential von injizierbarer Hyaluronsäure in der Behandlung der Glottisinsuffizienz.

Hyaluronsäure wird jedoch rasch wieder resorbiert und ist deshalb nur für eine passagere Stimmverbesserung geeignet [Sittel et al., 2005].

Weitere körpereigene Materialien zur Stimmlippenaugmentation sind autologe Faszie [Rikhanen 1998; Rikhanen et al., 1999, 2004; Duke et al., 2001] und autologer Ohrknorpel [Lee et al., 2004, 2006]. Lee und Kollegen [2006] berichten über sehr geringe Resorptionsraten von autologem Ohrknorpel.

Einen umfangreichen Überblick über potentielle Augmentationsmaterialien liefern Remacle und Mitarbeiter [2001 b] sowie King und Mitarbeiter [2007].

Das ideale injizierbare Material zur Verbesserung einer Glottisinsuffizienz und Verbesserung der Stimmlippenschwingungen sollte gemäß Karpenko et al. [2003] folgende Eigenschaften aufweisen:

- Geringgradige oder gar keine Resorption
- Eine hohe Biokompatibilität mit dem Stimmlippengewebe zur Aufrechterhaltung einer flüssigen Randkantenverschieblichkeit der Stimmlippenmukosa
- Geringe Reaktivität auf der Injektionsseite
- Reversibilität mit der Möglichkeit für spätere Modifizierungen
- Einfache Handhabung und Applizierbarkeit, entweder im Operationssaal oder in der Praxis
- Keine Migration

Das ideale Material, das alle Anforderungen erfüllt, gibt es laut Sittel et al. [2005] noch nicht.

Sittel und Mitarbeiter [2005] konstatieren jedoch, dass einige Substanzen für spezifische Einsatzzwecke hinsichtlich Funktion, Sicherheit und Dauerhaftigkeit durchaus geeignet sind.

Neuste Erkenntnisse und vielversprechende Therapiemöglichkeiten erschließen sich auf dem Gebiet des Tissue-Engineering und der Gen-Therapie.

Das therapeutische Potential des Hepatocyte-Growth-Factor (HGF) zur Prävention und Heilung von chronischen Leber- und Lungenerkrankungen sowie bei akutem Nierenversagen wurde bereits von Matsumoto und Nakamura [1997] beschrieben.

Außerdem gewannen Hirano und Mitarbeiter [2003] die Erkenntnis, dass Hepatocyte-Growth-Factor (HGF) in vitro die Hyaluronsäureproduktion in tierischen und menschlichen Stimmlippen stimulierte, während es die Kollagen I Produktion der Fibroblasten unterdrückte. Dies bekräftigt Vermutungen über das therapeutische Potential von Hepatocyte-Growth-Factor (HGF) in der Behandlung von Stimmlippenvernarbungen.

Auch die Stammzellforschung scheint großes Therapiepotential zu bieten. Kanemaru und Mitarbeiter [2003] injizierten mesenchymale Stammzellen in verletzte Hundestimm lippen und konnten eine verbesserte Wundheilungstendenz feststellen. Diese Feststellung wurde durch Ohno und Kollegen [2011] erneut in einer tierexperimentellen Studie an Hundestimm lippen bestätigt. Sechs Monate später konnten Ohno und Mitarbeiter [2011] verbesserte Schwingungseigenschaften der Stimmlippen feststellen.

Chhetri und Kollegen [2004] injizierten im Labor kultivierte autologe Fibroblasten von Hunden, gewonnen aus Mundschleimhaut, in vernarbte Hundestimm lippen von 8 Tieren. Videostroboskopisch konnten sie 6-15 Wochen nach der Fibroblasteninjektion eine Verbesserung der Stimmlippenschwingungen aller Hundestimm lippen feststellen.

Chhetri und Berke [2011] führten eine Pilotstudie an fünf Patienten mit Stimmlippenvernarbungen durch. Nach demselben Prinzip wie von Chhetri et al. [2004] zuvor tierexperimentell durchgeführt, wurden autologe Fibroblasten der Mundschleimhaut kultiviert und anschließend in die Lamina propria der vernarbten Stimmlippen injiziert. Diese Methode erwies sich in der Praxis als sicher durchführbar und zeigte tendenziell objektive und subjektive Verbesserungen der Stimmqualität, die auch 12 Monate nach dem Therapiebeginn noch nachgewiesen werden konnten.

Ein interessanter gentherapeutischer Ansatz zur Prävention von Vernarbungen wird von Ohno et al. [2012] verfolgt. Sie konnten tierexperimentell nachweisen, dass die Injektion von Transforming-Growth-Factor- $\beta 3$  in Hundestimm lippen vor Durchführung einer Dekortikation unter Einschluss der Lamina propria, die anschließende Narbenbildung signifikant reduzierte.

All diese vielversprechenden therapeutischen Ansätze, mit dem Hauptziel der Wiederherstellung eines mobilen Reinkeschen Raumes, müssen in der Zukunft vertieft und in klinischen Studien am Menschen getestet werden.

Bislang bleibt die Therapie von Stimmlippenvernarbungen ein noch ungelöstes Problem der modernen Phono-chirurgie [Hirano 2005; Friedrich et al., 2013 a]. Aus chirurgischer und biotechnologischer Sicht bestehen allerdings vielversprechende Lösungsansätze, die einen hoffnungsvollen Ausblick für die Zukunft geben [Rosen 2000].

Es bleibt abzuwarten, ob sich die Resultate dieser klinischen Studie zukünftig als ein vielversprechender Fortschritt auf dem Gebiet der Narbenbehandlung an den Stimmlippen erweisen, oder ob sich neuere und effizientere Behandlungsmethoden finden werden.

## 11 Zusammenfassung

Basierend auf einer klinischen Fallstudie führten wir eine Qualitätskontrolle stimmverbessernder Operationen nach Vernarbungen der Stimmlippen durch.

Es unterzogen sich insgesamt siebenzig Patienten aufgrund unterschiedlicher Ursachen narbenkorrigierenden stimmverbessernden Operationen der Stimmlippen.

Subjektive und objektive Daten wurden im prä- und postoperativen Zustand erhoben.

Diese Daten wurden miteinander verglichen.

Die Heiserkeit als subjektiver, durch eine Logopädin ermittelter Parameter konnte mit dem ebenfalls auf subjektiver Basis ermittelten Mittelwert der „Speech Problems“ und dem Item „Note“ korreliert werden.

Außerdem korrelierten die drei wesentlichen Störgrößen des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes, „Jitter“, „Shimmer“ und der Periodenkorrelationswert mit den auf subjektiver Basis ermittelten Mittelwerten der Lebensqualität QoL 1, 2 und 3 sowie den „Speech problems“.

Alle drei dieser objektiven Parameter korrelierten ebenfalls mit dem perzeptiven Heiserkeitsgrad der Stimme.

Der Phonationskoeffizient als wichtiger, objektiver Parameter zeigte eine signifikante Korrelation zu der auf subjektiver Basis ermittelten Stimmzufriedenheit der Patienten.

Wir konnten feststellen, dass der postoperative, perzeptive Heiserkeitsgrad der Stimme einen herausragenden Einfluss auf die Stimm- und Lebensqualität der Patienten ausübt.

Es wurde anhand der subjektiv und objektiv erhobenen Daten nachvollziehbar belegt, dass die Durchführung von narbenkorrigierenden, stimmverbessernden Operationen nach dem Gießener Konzept eine Verbesserung der Stimm- und Lebensqualität zur Folge hat.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass nach ausführlicher Evaluation der Stimmqualität und der Vernarbung des Kehlkopfes Patienten mit subjektiv empfundenen Einschränkungen der Stimm- und Lebensqualität eine stimmverbessernde Operation empfohlen werden kann.

## 12 Summary

Based on a clinical case study we conducted a quality control of voice improving surgery because of scarred vocal folds.

Altogether seventy patients underwent voice improving surgery because of various reasons. Subjective and objective Data were evaluated before and after surgery. These data were compared with each other.

Hoarseness, as a subjective item assessed by a speech therapist, could be well correlated with the subjective item "Note" and the "Speech problems"

Moreover all three essential parameters indicating a disturbance of voice, "Jitter", "Shimmer and "Perr-Korr." correlated with subjective data, like the mean QoL 1, 2 and 3 and "Speech problems".

Additionally, all of those three objective parameters correlated with the perceptive hoarseness grade of the voice.

The phonation quotient, as one further important objective parameter, showed a significant correlation with the subjective voice satisfaction of the patients.

We found out, that the extent of hoarseness in the voice seems to exert great influence on patient's voice quality and quality of life.

Underlined by subjective and objective reliable data we showed that the application of voice improving, scar correcting operations according to the model developed in Giesen in the majority resulted in an improvement of patient's voice quality and quality of life.

Our results indicate, that, after an extensive assessment of voice quality and scarification of the vocal folds, Patients with subjective impairment of voice quality and quality of life, can be recommended to undergo voice improving surgery.



## 13 Abkürzungsverzeichnis

BRD	Bundesrepublik Deutschland
dB	Dezibel
ELS	European Laryngological Society (Europäische Laryngologische Gesellschaft)
EORTC	European Organisation for Research and Treatment of Cancer
GNE	Glottal to Noise Excitation Ratio
GRBAS	Grade, Roughness, Breathiness, Asthenia, Strain
HNO	Hals-Nasen-Ohren
HT	Halbtöne
HGF	Hepatocyte Growth Factor
Hz	Hertz
LFS	Laryngeal Framework Surgery
ml	Milliliter
MLS	Mikrolaryngoskopie
MPT	Maximale Phonationszeit
MW	Mittelwert
NHS	Neuromuscular Surgery
NK	Narbenkorrektur
OCT	Optische-Kohärenz-Tomographie
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PS-OCT	Polarisations-Sensitive Optische-Kohärenz-Tomographie
Perr-Korr	Periodenkorrelationswert
PQ	Phonationskoeffizient
QoL	Quality of Life
QLQ-C30	Quality of Life Questionnaire Core Module 30
QLQ-H&N35	Quality of Life Head and Neck 35
RBH	Rauheit, Behauchtheit, Heiserkeit
RCS	Reconstructive Surgery
sec	Sekunden
Std.abw.	Standardabweichung
UEP	Union of European Phoniaticians
VC	Vitalkapazität
VFS	Vocal Fold Surgery

## 14 Abbildungsverzeichnis

### Abbildung 1:

Die Struktur der Stimmlippe (Hirano M. *Clinical examination of voice*, New York: Springer-Verlag, 1981:5.), entnommen aus:

Sataloff et al.,

*Laryngeal mini-microflap: a new technique and reassessment of the microflap saga*. *J Voice*. 1995 Jun;9(2):198-204.....S.5

### Abbildung 2:

Larynx, Querschnitt in Höhe der Stimmbänder; von kranial. Aus Sobotta „Atlas der Anatomie des Menschen“, Band 1, 21. Auflage, Urban & Fischer Verlag, 2000.....S.9

### Abbildung 3:

Larynx, Medianschnitt. Aus Sobotta „Atlas der Anatomie des Menschen“, Band 1, 21. Auflage, Urban & Fischer Verlag, 2000.....S.9

### Abbildung 4:

Schematische Darstellung einer physiologischen Stimmlippenschwingung nach Hirano entnommen aus:

„Änderung stimmlicher Parameter, ermittelt durch elektroakustische Messverfahren vor und nach phonochirurgischen-mikrolaryngoskopischen Eingriffen“, Magisterarbeit, vorgelegt von Jutta Quint, Universität Trier, 2005.....S.12

### Abbildung 5:

Lupenlaryngoskopie mit starrer 90° Winkeloptik, aus „HNO“, Boenninghaus, Lenarz, 12. Auflage, Springer Verlag.....S.17

### Abbildung 6:

Flexible Kehlkopfendoskopie aus „HNO“, Boenninghaus, Lenarz, 12. Auflage, Springer Verlag .....S.18

### Abbildung 7:

Schematische Darstellung der MLS nach Kleinsasser entnommen aus:

Menzebach M., *Individualisierte primäre Chirurgie von Stimmlippenkarzinomen mit Organerhalt* Edition scientifique 2006 .....S.32

*Abbildung 8:*

*Schematische Darstellung der verschiedenen Chordektomietypen in Anlehnung an die Richtlinien der European Laryngological Society (ELS) von 2000 aus:*

*Menzebach M., Individualisierte primäre Chirurgie von Stimmlippenkarzinomen mit Organerhalt, Edition scientifique 2006.....S.33*

*Abbildung 9:*

*Meist milde Narbenformation auf mukösem bis submukösem Niveau nach superfizieller Chordektomie. Grafik nach Prof. H. K. Glanz.....S. 39*

*Abbildung 10:*

*Therapie einer Narbenformation nach superfizieller Chordektomie durch Sliding Flap mit oder ohne Fettransplantat. Grafik nach Prof H.K. Glanz.....S.39*

*Abbildung 11:*

*Meist sehr derbe Narbenformation mit Volumenverlust und Substanzdefekt nach partieller Chordektomie. Grafik nach Prof . Dr. H. K. Glanz.....S.40*

*Abbildung 12:*

*Therapie einer Narbenformation nach partieller Chordektomie durch Bilden einer Schleimhauttasche und Implantation von autologem Nasenseptumknorpel oder autologen Fettgewebe. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.....S.41*

*Abbildung 13:*

*Narbenformation nach totaler oder erweiterter Chordektomie mit immensen Gewebedefekten und Verdrehung des Aryknorpels. Grafik nach Prof. Dr. H.K. Glanz.....S.42*

*Abbildung 14:*

*Therapie einer Narbenformation nach totaler oder erweiterter Chordektomie. Gut zu sehen ist die präparierte Tasche mit dem mehrschichtig transplantierten Septumknorpel. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.....S.42*

*Abbildung 15:*

*Narbenformation nach bilateraler, die vordere Kommissur einschließender Resektion. Die Glottisinsuffizienz ist charakterisiert durch eine Synechie in der vorderen Kommissur mit abgerundetem Erscheinungsbild sowie beidseits reduzierten Stimmlippenschwingungsvermögen Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.....S.43*

*Abbildung 16.:*

*Typ IV b: Einlage eines endolaryngealen Stents zur Prävention einer Re-Synechie in der vorderen Kommissur. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz in Anlehnung an das Verfahren von G. Lichtenberger.....S.44*

*Abbildung 17.:*

*Ein muköser Schwenklappen wird an der Oberfläche einer Stimmlippe derart präpariert, dass er an der gegenüberliegenden Stimmlippe gestielt ist. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.....S.45*

*Abbildung 18:*

*Präparation eines zweiten Schwenklappens nach der gleichen Methode. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.....S.45*

*Abbildung 19:*

*Gegenläufige Transposition der mukösen Schwenklappen und Fixation mit Vicrylnähten der Stärke 6,0. Grafik nach Prof. Dr. H. K. Glanz.....S.45*

*Abbildung 20:*

*Vergleich der prä- und postoperativen Stimmzufriedenheit der Patienten beschrieben durch das Item „Note“.....S.51*

*Abbildung 21:*

*Korrelation zwischen dem Item „Note“ und dem perzeptiven Heiserkeitsgrad der Stimme ermittelt durch die logopädische Untersuchung nach dem RBH-Schema.....S.52*

*Abbildung 22:*

*Die globale Lebensqualität ausgedrückt durch den Mittelwert der Fragen 29 und 30 aus dem QLQ-C30 Fragebogen der European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC).....S.54*

*Abbildung 23:*

*Die „Speech Problems“ ausgedrückt durch den Mittelwert der Fragen 16, 23 und 24 aus dem QLQ-H&N35 Ergänzungsmodul der European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC).....S.55*

*Abbildung 24:*

*Korrelation zwischen dem Item „Speech problems“ und dem perzeptiven Heiserkeitsgrad der Stimme ermittelt durch die logopädische Untersuchung nach dem RBH-Schema.....S.56*

*Abbildung 25:*

*Die Veränderung des Parameters „Jitter“ ermittelt durch das objektive Protokoll des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes im prä- und postoperativen Vergleich für die einzelnen Therapiegruppen.....S.57*

*Abbildung 26:*

*Die Korrelation zwischen dem Item „Note“ und dem Phonationskoeffizienten .....S.59*

*Abbildung 27:*

*Die Evaluation der Lebensqualität anhand des EORTC QLQ-C30 Fragebogens. Als auswertungsrelevante Items wurden die Fragen 1,2,3,8,29 und 30 in die Studie aufgenommen.....S.122-123*

*Abbildung 28:*

*Die Evaluation der Lebensqualität anhand des ergänzenden Fragemoduls QLQ-H&N35 für maligne Erkrankungen im Kopf- Halsbereich. Als Auswertungsrelevante Items wurden die Fragen 16 (entspricht Frage 46), 23 (entspricht Frage 53) und 24 (entspricht Frage 54) in die Studie aufgenommen.....S.124-125*

*Abbildung 29:*

*Die Evaluation der Stimmqualität durch die Logopädin erfolgte anhand des RBH-Schemas, wie unter dem Punkt „Stimmklang“ aufgeführt.*

*Die Ermittlung des Phonationsquotienten aus der Vitalkapazität ist unter dem Punkt „Sprech-  
atmung“ aufgeführt.*

*Zuletzt wurde die subjektive Stimmzufriedenheit der Patienten anhand der unter „Bemerkungen“  
aufgeführten Zufriedenheitsskala ermittelt.....S.126-127*

## 15 Literaturverzeichnis

**Adzaku FK, Wyke B.**

Innervation of the subglottic mucosa of the larynx, and its significance.  
*Folia Phoniatr (Basel)*. 1979;31(4):271-83.

**Adzaku FK.**

The morphological and functional characteristics of the innervation of the subglottic mucosa of the larynx.  
*Ann R Coll Surg Engl*. 1980;62(6):426-31.

**Adzaku FK, Wyke B.**

Laryngeal subglottic mucosal reflexogenic influences on laryngeal muscle activity. An experimental study.  
*Folia Phoniatr (Basel)*. 1982;34(2):57-64..

**Allen J.**

Cause of vocal fold scar.  
*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;18(6):475-80.

**Awd Allah RS, Dkhil MA, Farhoud E.**

Fibroblasts in the human vocal fold mucosa: an ultrastructural study of different age groups.  
*Singapore Med J*. 2009;50(2):201-7.

**Banse R, Scherer KR.**

Acoustic profiles in vocal emotion expression.  
*J Pers Soc Psychol*. 1996;70(3):614-36.

**Bauer CA, Valentino J, Hoffman HT.**

Long-term result of vocal cord augmentation with autogenous fat.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1995;104(11):871-4.

**Behme-Gissel H**

Die Bedeutung der Stimme und Körpersprache im Beruf  
[http://www.uni-kassel.de/sprz/mediothek/sprewiss\\_didak/stimme/stimme.ghk](http://www.uni-kassel.de/sprz/mediothek/sprewiss_didak/stimme/stimme.ghk)

**Benmansour N, Remacle M, Matar N, Lawson G, Bachy V, Van Der Vorst S.**

Endoscopic treatment of anterior glottic webs according to Lichtenberger technique and results on 18 patients.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2012;269(9):2075-80.

**Benninger MS, Alessi D, Archer S, Bastian R, Ford C, Koufman J, Sataloff RT, Spiegel JR, Woo P.**

Vocal fold scarring: current concepts and management  
*Otolaryngol Head Neck Surg* 1996;115(5):474-82.

**Benninger MS.**

The professional voice.

*J Laryngol Otol.* 2011;125(2):111-6.

**Bentele G, Piwinger M, Schönborn G**

Die Stimme – ein „vokaler Personalausweis“

Wie uns die Stimme identifiziert und charakterisiert

(Hrsg.) *Kommunikationsmanagement (Losebl. 2001 ff.), Art.-Nr. 5.58, Köln 2011*

**Berke GS, Gerratt BR.**

Laryngeal biomechanics: an overview of mucosal wave mechanics.

*J Voice.* 1993;7(2):123-8.

**Berry DA, Reininger H, Alipour F, Bless DM, Ford CN.**

Influence of vocal fold scarring on phonation: predictions from a finite element model.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2005;114(11):847-52.

**Biacabe B, Crevier-Buchman L, Hans S, Laccourreye O, Brasnu D.**

Phonatory mechanisms after vertical partial laryngectomy with glottic reconstruction by false vocal fold flap.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2001;110(10):935-40.

**Bjordal K, Ahlner-Elmqvist M, Tolleson E, Jensen AB, Razavi D, Maher EJ, Kaasa S.**

Development of a European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) questionnaire module to be used in quality of life assessments in head and neck cancer patients. EORTC Quality of Life Study Group.

*Acta Oncol.* 1994;33(8):879-85.

**Bjordal K, Hammerlid E, Ahlner-Elmqvist M, de Graeff A, Boysen M, Evensen JF, Biörklund A, de Leeuw JR, Fayers PM, Jannert M, Westin T, Kaasa S.**

Quality of life in head and neck cancer patients: validation of the European Organization for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire-H&N35.

*J Clin Oncol.* 1999;17(3):1008-19.

**Bless DM, Hirano M, Feder RJ.**

Videostroboscopic evaluation of the larynx.

*Ear Nose Throat J.* 1987;66(7):289-96.

**Bouchayer M, Cornut G.**

Microsurgical treatment of benign vocal fold lesions: indications, technique, results.

*Folia Phoniatr (Basel).* 1992;44(3-4):155-84.

**Brandenburg JH, Kirkham W, Koschkee D.**

Vocal cord augmentation with autogenous fat.

*Laryngoscope.* 1992;102(5):495-500.

**Brandenburg JH, Unger JM, Koschkee D.**

Vocal cord injection with autogenous fat: a long-term magnetic resonance imaging evaluation.

*Laryngoscope*. 1996;106(2 Pt 1):174-80.

**Bullinger M.**

Health related quality of life and subjective health. Overview of the status of research for new evaluation criteria in medicine.

*Psychother Psychosom Med Psychol*. 1994;47(3-4):76-91.

**Burns JA, Zeitels SM, Anderson RR, Kobler JB, Pierce MC, de Boer JF.**

Imaging the mucosa of the human vocal fold with optical coherence tomography.

*Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2005;114(9):671-6.

**Burns JA, Kim KH, deBoer JF, Anderson RR, Zeitels SM.**

Polarization-sensitive optical coherence tomography imaging of benign and malignant laryngeal lesions: an in vivo study.

*Otolaryngol Head Neck Surg*. 2011;145(1):91-9.

**Burns JA.**

Optical coherence tomography: imaging the larynx.

*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2012;20(6):477-81.

**Carding P, Carlson E, Epstein R, Mathieson L, Shewell C.**

Formal perceptual evaluation of voice quality in the United Kingdom.

*Logoped Phoniatr Vocol*. 2000;25(3):133-8.

**Carding PN, Wilson JA, MacKenzie K, Deary IJ.**

Measuring voice outcomes: state of the science review.

*J Laryngol Otol*. 2009;123(8):823-9.

**Chan RW, Gray SD, Titze IR.**

The importance of hyaluronic acid in vocal fold biomechanics.

*Otolaryngol Head Neck Surg*. 2001;124(6):607-14.

**Chen MY, Metson R.**

Effects of sinus surgery on speech.

*Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;123(8):845-52.

**Chhetri DK, Head C, Revazova E, Hart S, Bhuta S, Berke GS.**

Lamina propria replacement therapy with cultured autologous fibroblasts for vocal fold scars.

*Otolaryngol Head Neck Surg*. 2004;131(6):864-70.

**Chhetri DK, Mendelsohn AH.**

Hyaluronic acid for the treatment of vocal fold scars. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2010;18(6):498-502.



**Chhetri DK, Berke GS.**

Injection of cultured autologous fibroblasts for human vocal fold scars.  
*Laryngoscope*. 2011;121(4):785-92.

**Cohen SM.**

Self-reported impact of dysphonia in a primary care population: an epidemiological study.  
*Laryngoscope*. 2010;120(10):2022-32

**Colden D, Zeitels SM, Hillman RE, Jarboe J, Bunting G, Spanou K.**

Stroboscopic assessment of vocal fold keratosis and glottic cancer.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2000;110(4):293-8

**Coleman RF.**

Sources of variation in phonetograms.  
*J Voice*. 1993;7(1):1-14.

**Courey MS, Gardner GM, Stone RE, Ossoff RH.**

Endoscopic vocal fold microflap: a three-year experience.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1995;104(4 Pt 1):267-73.

**Courey MS, Garrett CG, Ossoff RH.**

Medial microflap for excision of benign vocal fold lesions.  
*Laryngoscope*. 1997;107(3):340-4.

**Dailey SH, Ford CN.**

Surgical management of sulcus vocalis and vocal fold scarring.  
*Otolaryngol Clin North Am*. 2006;39(1):23-42. Review. No abstract available.

**Damste PH**

Das Phonetogramm.  
*Pract. Otorhinolaryngol*. 1970; 32: 185-7

**De Bodt MS, Wuyts FL, Van de Heyning PH, Croux C.**

Test-retest study of the GRBAS scale: influence of experience and professional background on perceptual rating of voice quality.  
*J Voice*. 1997;11(1):74-80.

**Dejonckere PH, Remacle M, Fresnel-Elbaz E, Woisard V, Crevier L, Millet B.**

Reliability and clinical relevance of perceptual evaluation of pathological voices. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)*. 1998;119(4):247-8.

**Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P, Cornut G, Crevier-Buchman L, Friedrich G, Van De Heyning P, Remacle M, Woisard V; Committee on Phoniatics of the European Laryngological Society (ELS).**

A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Guideline elaborated by the Committee on Phoniatics of the European Laryngological Society (ELS).  
*Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2001;258(2):77-82.

**de Haes J, Curran D, Young T, Bottomley A, Flechtner H, Aaronson N, Blazeby J, Bjordal K, Brandberg Y, Greimel E, Maher J, Sprangers M, Cull A.**

Quality of life evaluation in oncological clinical trials - the EORTC model. The EORTC Quality of Life Study Group.

*Eur J Cancer.* 2000;36(7):821-5.

**Duke SG, Salmon J, Blalock PD, Postma GN, Koufman JA.**

Fascia augmentation of the vocal fold: graft yield in the canine and preliminary clinical experience.

*Laryngoscope.* 2001;111(5):759-64.

**Edwards J, Tanna N, Bielamowicz SA.**

Endoscopic lysis of anterior glottic webs and silicone keel placement.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2008;117(1):80.

**Esposito A, Esposito AM.**

On the recognition of emotional vocal expressions: motivations for a holistic approach.

*Cogn Process.* 2012; 13 Suppl 2:541-50.

**Fleischer S, Hess M.**

The significance of videostroboscopy in laryngological practice

*HNO.* 2006;54(8):628-34.

**Fleming DJ, McGuff S, Simpson CB.**

Comparison of microflap healing outcomes with traditional and microsuturing techniques: initial results in a canine model.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2001;110(8):707-12.

**Ford CN, Bless DM, Campbell D.**

Studies of injectable soluble collagen for vocal fold augmentation.

*Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord).* 1987;108(1):33-6.

**Ford CN, Bless DM.**

Collagen injection in the scarred vocal fold

*J voice* 1987; 1:116-118

**Ford CN, Bless DM, Loftus JM.**

Role of injectable collagen in the treatment of glottic insufficiency: a study of 119 patients.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1992;101(3):237-47.

**Ford CN, Bless DM.**

Selected problems treated by vocal fold injection of collagen.

*Am J Otolaryngol.* 1993;14(4):257-61.

**Ford CN, Staskowski PA, Bless DM.**

Autologous collagen vocal fold injection: a preliminary clinical study.

*Laryngoscope.* 1995;105(9 Pt 1):944-8.

**Friedrich G, Remacle M, Birchall M, Marie JP, Arens C.**

Defining phonosurgery: a proposal for classification and nomenclature by the Phonosurgery Committee of the European Laryngological Society (ELS).  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2007;264(10):1191-200.

**Friedrich G, Gugatschka M.**

Vocal fold scars : Pathogenesis, diagnosis, therapy.  
*HNO.* 2013;61(2):94-101.

**Friedrich G, Dikkers FG, Arens C, Remacle M, Hess M, Giovanni A, Duflo S, Hantzakos A, Bachy V, Gugatschka M.**

Vocal fold scars: current concepts and future directions. Consensus report of the phonosurgery committee of the European laryngological society.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2013 Sep;270(9):2491-507

**Fröhlich M, Michaelis D, Kruse E.**

Objektive Beschreibung der Stimmgüte unter Verwendung des Heiserkeitsdiagrammes.  
*J.Speech Lang Hear Res.* 2000; 43: 706-20

**Garrett CG, Ossoff RH.**

Phonmicrosurgery II: surgical techniques.  
*Otolaryngol Clin North Am.* 2000 Oct;33(5):1063-70.

**Garrett CG, Reinisch L.**

New-generation pulsed carbon dioxide laser: comparative effects on vocal fold wound healing.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2002;111(6):471-6.

**Gill SS, Frew J, Fry A, Adam J, Paleri V, Dobrowsky W, Chatterjee S, Kelly CG.**

Priorities for the head and neck cancer patient, their companion and members of the multidisciplinary team and decision regret.  
*Clin Oncol (R Coll Radiol).* 2011;23(8):518-24.

**Glanz HK.**

Surgery of glottis scars, endolaryngeal glottis reconstruction  
*Third European Course on Laryngology and Phonosurgery, 2005*

**Gray SD, Titze IR, Chan R, Hammond TH.**

Vocal fold proteoglycans and their influence on biomechanics.  
*Laryngoscope.* 1999;109(6):845-54.

**Hawk ST, van Kleef GA, Fischer AH, van der Schalk J.**

"Worth a thousand words": absolute and relative decoding of nonlinguistic affect vocalizations.  
*Emotion.* 2009 Jun;9(3):293-305.

**Hertegård S, Hallén L, Laurent C, Lindström E, Olofsson K, Testad P, Dahlqvist A.**

Cross-linked hyaluronan used as augmentation substance for treatment of glottal insufficiency: safety aspects and vocal fold function.

*Laryngoscope*. 2002;112(12):2211-9.

**Hirano M.**

Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations

*Folia Phoniatr (Basel)*. 1974;26(2):89-94.

**Hirano M.**

Objective evaluation of the human voice: clinical aspects.

*Folia Phoniatr (Basel)*. 1989;41(2-3):89-144.

**Hirano M, Sato K, Nakashima T.**

Fibroblasts in human vocal fold mucosa.

*Acta Otolaryngol*. 1999;119(2):271-6.

**Hirano S, Bless D, Heisey D, Ford C.**

Roles of hepatocyte growth factor and transforming growth factor beta1 in production of extracellular matrix by canine vocal fold fibroblasts.

*Laryngoscope*. 2003;113(1):144-8.

**Hirano S.**

Current treatment of vocal fold scarring.

*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2005;13(3):143-7. Review.

**Hochman II, Zeitels SM.**

Phonomicrosurgical management of vocal fold polyps: the subepithelial microflap resection technique.

*J Voice*. 2000;14(1):112-8.

**Holmberg EB, Ihre E, Södersten M.**

Phonetograms as a tool in the voice clinic: changes across voice therapy for patients with vocal fatigue.

*Logoped Phoniatr Vocol*. 2007;32(3):113-27.

**Hosemann W, Göde U, Dunker JE, Eysholdt U.**

Influence of endoscopic sinus surgery on voice quality.

*Eur Arch Otorhinolaryngol*. 1998;255(10):499-503.

**Hsiung MW, Wang HW.**

Endoscopic buccal mucosal grafting to the anterior glottic web: a case report.

*Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2002;259(6):287-9.

**Hsiung MW, Lin YS, Su WF, Wang HW.**

Autogenous fat injection for vocal fold atrophy.

*Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2003;260(9):469-74.

**Isshiki N.**

Progress in laryngeal framework surgery.  
*Acta Otolaryngol.* 2000;120(2):120-7.

**Jiang JJ, Tao C.**

The minimum glottal airflow to initiate vocal fold oscillation.  
*J Acoust Soc Am.* 2007;121(5 Pt1):2873-81.

**Jones SM, Carding PN, Drinnan MJ**

Exploring the relationship between severity of dysphonia and voice-related quality of life.  
*Clin Otolaryngol.* 2006;31(5):411-7.

**Kanemaru S, Nakamura T, Omori K, Kojima H, Magruffov A, Hiratsuka Y, Hirano S, Ito J, Shimizu Y.**

Regeneration of the vocal fold using autologous mesenchymal stem cells.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2003;112(11):915-20.

**Karduck A, Richter HG.**

Lasermicrosurgery of benign lesions of the vocal cord and functional results (author's transl)  
*Laryngol Rhinol Otol (Stuttg).* 1979;58(10):764-9.

**Karnell MP, Melton SD, Childes JM, Coleman TC, Dailey SA, Hoffman HT.**

Reliability of clinician-based (GRBAS and CAPE-V) and patient-based (V-RQOL and IPVI) documentation of voice disorders.  
*J Voice.* 2007;21(5):576-90.

**Karpenko AN, Dworkin JP, Meleca RJ, Stachler RJ.**

Cymetra injection for unilateral vocal fold paralysis.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2003;112(11):927-34.

**King JM, Simpson CB**

Modern injection augmentation for glottic insufficiency.  
*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007;15(3):153-8.

**Kleinsasser O.**

Microlaryngoscopy and endolaryngeal microsurgery. I. Technical development of the method (author's transl)  
*HNO.* 1974;22(2):33-8

**Kleinsasser O.**

Microlaryngoscopy and endolaryngeal microsurgery. II: A review of 2500 cases (author's transl)  
*HNO.* 1974;22(3):69-83.

**Klofstad CA, Anderson RC, Peters S.**

Sounds like a winner: voice pitch influences perception of leadership capacity in both men and women.  
*Proc Biol Sci.* 2012 Jul 7;279(1738):2698-704

**Kojima H, Omori K, Shoji K, Kanaji M.**

Reconstruction of the anterior commissure with a free mucosal flap.  
*Am J Otolaryngol.* 1993;14(5):339-42.

**Kramer J**

Computergestützte Stimmanalyse  
im Rahmen der Stimmarbeit nach dem Konzept Schlaffhorst-Andersen  
*Forum Logopädie* 2009;23(6):26-32

**Krausert CR, Olszewski AE, Taylor LN, McMurray JS, Dailey SH, Jiang JJ.**

Mucosal wave measurement and visualization techniques  
*J Voice.* 2011;25(4):395-405.

**Kreiman J, Gerratt BR, Kempster GB, Erman A, Berke GS.**

Perceptual evaluation of voice quality: review, tutorial, and a framework for future research.  
*J Speech Hear Res.* 1993;36(1):21-40.

**Krischke S, Weigelt S, Hoppe U, Köllner V, Klotz M, Eysholdt U, Rosanowski F.**

Quality of life in dysphonic patients.  
*J Voice.* 2005;19(1):132-7.

**Kruse E, Michaelis D, Zwirner P, Bender E.**

Stimmfunktionelle Qualitätssicherung in der kurativen Mikrochirurgie der Larynxmalignome. Postoperative Stimmrehabilitation auf Basis der „laryngealen Doppelventilfunktion“.  
*HNO.* 1997;45(9):712-8.

**Lee BJ, Wang SG, Goh EK, Chon KM, Lee CH.**

Intracordal injection of autologous auricular cartilage in the paralyzed canine vocal fold.  
*Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004;131(1):34-43.

**Lee BJ, Wang SG, Goh EK, Chon KM, Lee CH, Lorenz RR.**

Histologic evaluation of intracordal autologous cartilage injection in the paralyzed canine vocal fold at two and three years.  
*Otolaryngol Head Neck Surg.* 2006;134(4):627-30.

**Lee M, Drinnan M, Carding P.**

The reliability and validity of patient self-rating of their own voice quality.  
*Clin Otolaryngol.* 2005;30(4):357-61.

**Li S, Scherer RC, Wan M, Wang S.**

The effect of three-dimensional glottal geometry on intraglottal quasi-steady flow distributions and their relationship with phonation.  
*Sci China C Life Sci.* 2006;49(1):82-8.

**Li S, Scherer RC, Wan M, Wang S, Wu H.**

The effect of glottal angle on intraglottal pressure.  
*J Acoust Soc Am.* 2006;119(1):539-48.

**Lichtenberger G.**

Endo-extralaryngeal needle carrier instrument.

*Laryngoscope.* 1983;93(10):1348-50.

**Lichtenberger G, Toohill RJ**

New keel fixing technique for endoscopic repair of anterior commissure webs.

*Laryngoscope.* 1994;104(6 Pt 1):771-4.

**List MA, Stracks J, Colangelo L, Butler P, Ganzenko N, Lundy D, Sullivan P, Haraf D, Kies M, Goodwin W, Vokes EE.**

How Do head and neck cancer patients prioritize treatment outcomes before initiating treatment?

*J Clin Oncol.* 2000;18(4):877-84.

**List MA, Rutherford JL, Stracks J, Pauloski BR, Logemann JA, Lundy D, Sullivan P, Goodwin W, Kies M, Vokes EE.**

Prioritizing treatment outcomes: head and neck cancer patients versus nonpatients.

*Head Neck.* 2004;26(2):163-70

**Lucero JC.**

Optimal glottal configuration for ease of phonation.

*J Voice.* 1998;12(2):151-8.

**Madruga de Melo EC, Lemos M, Aragão Ximenes Filho J, Sennes LU, Nascimento Saldiva PH, Tsuji DH.**

Distribution of collagen in the lamina propria of the human vocal fold.

*Laryngoscope.* 2003; 113(12):2187-91.

**Martínez Arias A, Remacle M, Lawson G.**

Treatment of vocal fold scar by carbon dioxide laser and collagen injection: retrospective study on 12 patients.

*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2010;267(9):1409-14.

**Matsumoto K, Nakamura T.**

Hepatocyte growth factor (HGF) as a tissue organizer for organogenesis and regeneration.

*Biochem Biophys Res Commun.* 1997;29;239(3):639-44.

**Menzebach M**

Individualisierte primäre Chirurgie von Stimmlippenkarzinomen mit Organerhalt

*Edition scientifique 2006, VVB Laufersweiler, Giessen*

**Michaelis D**

Das Göttinger Heiserkeits-Diagramm - Entwicklung und Prüfung eines akustischen Verfahrens zur objektiven Stimmgütebeurteilung pathologischer Stimmen

*Dissertation 1999*

**Middleton WG, Tees DA, Ostrowski M.**

Comparative gross and histological effects of the CO2 laser, Nd-YAG laser, scalpel, Shaw scalpel and cutting cautery on skin in rats.  
*J Otolaryngol.* 1993;22(3):167-70.

**Mikaelian DO, Lowry LD, Sataloff RT.**

Lipoinjection for unilateral vocal cord paralysis.  
*Laryngoscope.* 1991;101(5):465-8.

**Mikus JL, Koufman JA, Kilpatrick SE.**

Fate of liposuctioned and purified autologous fat injections in the canine vocal fold.  
*Laryngoscope.* 1995;105(1):17-22.

**Molgat YM, Pollack SV, Hurwitz JJ, Bunas SJ, Manning T, McCormack KM, Pinnell SR.**

Comparative study of wound healing in porcine skin with CO2 laser and other surgical modalities: preliminary findings.  
*Int J Dermatol.* 1995;34(1):42-7.

**Mürbe D, Roers F, Sundberg J.**

Voice classification in professional singers: the influence of vocal fold length, vocal tract length and body measurements.  
*HNO.* 2011;59(6):556-62.

**Murry T, Rosen CA.**

Outcome measurements and quality of life in voice disorders.  
*Otolaryngol Clin North Am.* 2000;33(4):905-16.

**Nawka T, Franke I, Galkin E**

Objektive Messverfahren in der Stimmdiagnostik  
*Forum Logopädie Heft Juli 2006;20(4):14-21*

**Neuenschwander MC, Sataloff RT, Abaza MM, Hawkshaw MJ, Reiter D, Spiegel JR.**

Management of vocal fold scar with autologous fat implantation: perceptual results.  
*J Voice.* 2001;15(2):295-304.

**Ohno S, Hirano S, Kanemaru S, Kitani Y, Kojima T, Tateya I, Nakamura T, Ito J.**

Implantation of an atelocollagen sponge with autologous bone marrow-derived mesenchymal stromal cells for treatment of vocal fold scarring in a canine model.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2011;120(6):401-8.

**Ohno S, Hirano S, Kanemaru S, Kitani Y, Kojima T, Ishikawa S, Mizuta M, Tateya I, Nakamura T, Ito J.**

Transforming growth factor  $\beta 3$  for the prevention of vocal fold scarring.  
*Laryngoscope.* 2012;122(3):583-9.

**Ossoff RH, Werkhaven JA, Dere H.**

Soft-tissue complications of laser surgery for recurrent respiratory papillomatosis.  
*Laryngoscope.* 1991;101(11):1162-6.



**Piazza C, Bolzoni Villaret A, Redaelli De Zinis LO, Cattaneo A, Cocco D, Peretti G.**  
Phonosurgery after endoscopic cordectomies. II. Delayed medialization techniques for major glottic incompetence after total and extended resections.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2007;264(10):1185-90.

**Prades JM, Dumollard JM, Duband S, Timoshenko A, Richard C, Dubois MD, Martin C, Peoc'h M.**  
Lamina propria of the human vocal fold: histomorphometric study of collagen fibers.  
*Surg Radiol Anat.* 2010;32(4):377-82

**Reker U.**  
Stimmfeldmessung in der HNO-Praxis. Wie, wann, warum?  
*HNO.* 1990;38(10):349-54.

**Relic A, Mazemda P, Arens C, Koller M, Glanz H.**  
Investigating quality of life and coping resources after laryngectomy  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2001;258(10):514-7.

**Remacle M.**  
The contribution of videostroboscopy in daily ENT practice.  
*Acta Otorhinolaryngol Belg.* 1996;50(4):265-81.

**Remacle M, Eckel HE, Antonelli A, Brasnu D, Chevalier D, Friedrich G, Olofsson J, Rudert HH, Thumfart W, de Vincentiis M, Wustrow TP.**  
Endoscopic cordectomy. A proposal for a classification by the Working Committee, European Laryngological Society.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2000;257(4):227-31.

**Remacle M, Lawson G, Hedayat A, Trussart T, Jamart J.**  
Medialization framework surgery for voice improvement after endoscopic cordectomy.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2001 Aug;258(6):267-71.

**Remacle M, George Lawson.**  
Injectable substances for vocal fold augmentation  
*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2001;9:393-397

**Remacle M, Friedrich G, Dikkers FG, de Jong F.**  
Phonosurgery of the vocal folds: a classification proposal.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2003;260(1):1-6.

**Remacle M, Hassan F, Cohen D, Lawson G, Delos M.**  
New computer-guided scanner for improving CO2 laser-assisted microincision.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2005;262(2):113-9.

**Remacle M, Lawson G, Morsomme D, Jamart J.**  
Reconstruction of glottic defects after endoscopic cordectomy: voice outcome.  
*Otolaryngol Clin North Am.* 2006;39(1):191-204.

**Riedmüller S, Decoster W, Brockmann M**

Relevanz des Stimmfeldes für Diagnostik und Therapieevaluation  
*Forum Logopädie* 2010, 4(24):11-15.

**Rihkanen H.**

Vocal fold augmentation by injection of autologous fascia.  
*Laryngoscope*. 1998;108(1 Pt 1):51-4.

**Rihkanen H, Lehtikainen-Söderlund S, Reijonen P.**

Voice acoustics after autologous fascia injection for vocal fold paralysis.  
*Laryngoscope*. 1999;109(11):1854-8.

**Rihkanen H, Reijonen P, Lehtikainen-Söderlund S, Lauri ER.**

Videostroboscopic assessment of unilateral vocal fold paralysis after augmentation with autologous fascia.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2004;261(4):177-83.

**Rosanowski F, Grässel E, Hoppe U, Köllner V.**

Quality of life in dysphonia.  
*HNO*. 2009;57(9):866-72.

**Rosen CA.**

Vocal fold scar: evaluation and treatment.  
*Otolaryngol Clin North Am*. 2000;33(5):1081-6.

**Rousseau B, Hirano S, Scheidt TD, Welham NV, Thibeault SL, Chan RW, Bless DM.**

Characterization of vocal fold scarring in a canine model.  
*Laryngoscope*. 2003;113(4):620-7.

**Rousseau B, Hirano S, Chan RW, Welham NV, Thibeault SL, Ford CN, Bless DM.**

Characterization of chronic vocal fold scarring in a rabbit model.  
*J Voice*. 2004;18(1):116-24.

**Roy N, Merrill RM, Thibeault S, Gray SD, Smith EM.**

Voice disorders in teachers and the general population: effects on work performance, attendance, and future career choices.  
*J Speech Lang Hear Res*. 2004;47(3):542-51.

**Roy N, Merrill RM, Gray SD, Smith EM.**

Voice disorders in the general population: prevalence, risk factors, and occupational impact.  
*Laryngoscope*. 2005;115(11):1988-95.

**Sapir S, Aronson AE, Thomas JE.**

Judgment of voice improvement after recurrent laryngeal nerve section for spastic dysphonia: clinicians versus patients.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1986;95:137-41

**Sataloff RT, Spiegel JR, Hawkshaw MJ.**

Stroboscoped laryngoscopy: results and clinical value.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1991;100):725-7.

**Sataloff RT, Spiegel JR, Heuer RJ, Baroody MM, Emerich KA, Hawkshaw MJ, Rosen DC.**

Laryngeal mini-microflap: a new technique and reassessment of the microflap saga.

*J Voice.* 1995;9(2):198-204.

**Sataloff RT, Spiegel JR, Hawkshaw M, Rosen DC, Heuer RJ.**

Autologous fat implantation for vocal fold scar: a preliminary report.

*J Voice.* 1997;11(2):238-46.

**Sataloff RT.**

Autologous fat implantation for vocal fold scar.

*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2010;18(6):503-6.

**Sato K.**

Reticular fibers in the vocal fold mucosa.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1998;107(12):1023-8.

**Scherer KR.**

Expression of emotion in voice and music.

*J Voice.* 1995 Sep;9(3):235-48

**Schindler A, Mozzanica F, Ginocchio D, Invernizzi A, Peri A, Ottaviani F.**

Voice-related quality of life in patients after total and partial laryngectomy.

*Auris Nasus Larynx.* 2012;39(1):77-83.

**Scott S, Robinson K, Wilson JA, Mackenzie K.**

Patient-reported problems associated with dysphonia.

*Clin Otolaryngol Allied Sci.* 1997;22(1):37-40

**Seiferlein E, Haderlein T, Schuster M, Gräbel E, Bohr C.**

Correlation between coping strategies and subjective assessment of the voice-related quality of life of patients after resection of T1 and T2 laryngeal tumours.

*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2012;269(9):2091-6.

**Shapshay SM, Wang Z, Volk M, Perrault DF Jr, Pankratov MM.**

Resurfacing of a large laryngeal wound with mucosa grafting: a combined technique using endoscopic suture and laser soldering.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1995 Dec;104(12):919-23.

**Shaw GY, Szewczyk MA, Searle J, Woodrooff J.**

Autologous fat injection into the vocal folds: technical considerations and long-term follow-up.

*Laryngoscope.* 1997;107(2):177-86.

**Sherman AC, Simonton S, Adams DC, Vural E, Owens B, Hanna E.**

Assessing quality of life in patients with head and neck cancer: cross-validation of the European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) Quality of Life Head and Neck module (QLQ-H&N35).

*Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2000;126(4):459-67.

**Sittel C, Eckel HE, Eschenburg C, Vössing M, Pototschnig C, Zorowka P.**

Stimmstatus nach Laser-Kehlkopfteilresektion

*Laryngorhinootologie.* 1998;77(4):219-25.

**Sittel C, Friedrich G, Zorowka P, Eckel HE.**

Surgical voice rehabilitation after laser surgery for glottic carcinoma.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2002;111(6):493-9.

**Sittel C, Plinkert PK.**

Vocal fold augmentation

*HNO.* 2005;53(1):6-10.

**Smith E, Lemke J, Taylor M, Kirchner HL, Hoffman H.**

Frequency of voice problems among teachers and other occupations.

*J Voice.* 1998;12(4):480-8.

**Spector JE, Werkhaven JA, Spector NC, Huang S, Page RN, Baranowski B, Luther M, McGehee B, Reinisch L.**

Preservation of function and histologic appearance in the injured glottis with topical mitomycin-C.

*Laryngoscope.* 1999;109:1125-9.

**Speyer R, Wieneke GH, van Wijck-Warnaar I, Dejonckere PH.**

Effects of voice therapy on the voice range profiles of dysphonic patients.

*J Voice.* 2003;17(4):544-56.

**Spina AL, Maunsell R, Sandalo K, Gusmão R, Crespo A.**

Correlation between voice and life quality and occupation.

*Braz J Otorhinolaryngol.* 2009;75(2):275-9.

**Steiner W.**

Results of curative laser microsurgery of laryngeal carcinomas.

*Am J Otolaryngol.* 1993;14(2):116-21.

**Sulter AM, Schutte HK, Miller DG**

Differences in phonetogram features between male and female subjects with and without vocal training.

*J Voice.* 1995;9(4):363-77.

**Tateya T, Tateya I, Sohn JH, Bless DM.**

Histologic characterization of rat vocal fold scarring.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2005;114(3):183-91.

**Tateya T, Tateya I, Sohn JH, Bless DM.**

Histological study of acute vocal fold injury in a rat model.

*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2006;115(4):285-92.

**Tekomedia GmbH 2006**

Tag der Stimme 2006, Düsseldorf

<http://www.tekomedia.de/files/0/157/published/in%20die%20Stimme%20investieren>

**Terrell JE, Fisher SG, Wolf GT.**

Long-term quality of life after treatment of laryngeal cancer. The Veterans Affairs Laryngeal Cancer Study Group.

*Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1998;124(9):964-71.

**Thibeault SL, Gray SD, Bless DM, Chan RW, Ford CN.**

Histologic and rheologic characterization of vocal fold scarring.

*J Voice.* 2002;16(1):96-104

**Thibeault SL.**

Advances in our understanding of the Reinke space.

*Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005;13(3):148-51.

**Titze IR.**

The physics of small-amplitude oscillation of the vocal folds.

*J Acoust Soc Am.* 1988;83(4):1536-52.

**Tsunoda K, Takanosawa M, Niimi S.**

Autologous transplantation of fascia into the vocal fold: a new phonosurgical technique for glottal incompetence.

*Laryngoscope.* 1999;109(3):504-8.

**Tsunoda K, Baer T, Niimi S.**

Autologous transplantation of fascia into the vocal fold: long-term results of a new phonosurgical technique for glottal incompetence.

*Laryngoscope.* 2001;111(3):453-7.

**Tsunoda K, Kondou K, Kaga K, Niimi S, Baer T, Nishiyama K, Hirose H.**

Autologous transplantation of fascia into the vocal fold: long-term result of type-1 transplantation and the future.

*Laryngoscope.* 2005;115(12 Pt 2 Suppl 108):1-10.

**Verdolini K, Ramig LO.**

Review: occupational risks for voice problems.

*Logoped Phoniatr Vocol.* 2001;26(1):37-46.

**Viswanath NS, Rosenfield DB, Baskin DS, Wieber SJ.**

Transient speech compromise following sublabial transsphenoidal surgery: a case report and findings of a small preliminary study.

*Ear Nose Throat J.* 2000;79(4):286-9.

**Voigt D, Döllinger M, Eysholdt U, Yang A, Gürlek E, Lohscheller J.**  
Objective detection and quantification of mucosal wave propagation.  
*J Acoust Soc Am.* 2010;128(5):EL347-53.

**Voigt-Zimmermann S, Arens C.**  
*Treatment of glottal gap*  
*HNO.* 2013 Feb;61(2):117-34.

**Webb AL, Carding PN, Deary IJ, MacKenzie K, Steen N, Wilson JA.**  
The reliability of three perceptual evaluation scales for dysphonia.  
*Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2004;261(8):429-34.

**Wexler DB, Jiang J, Gray SD, Titze IR.**  
Phonosurgical studies: fat-graft reconstruction of injured canine vocal cords.  
*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1989;98(9):668-73.

**Welham NV, Choi SH, Dailey SH, Ford CN, Jiang JJ, Bless DM.**  
Prospective multi-arm evaluation of surgical treatments for vocal fold scar and pathologic sulcus vocalis.  
*Laryngoscope.* 2011;121(6):1252-60.

**Wilson JA, Deary IJ, Millar A, Mackenzie K.**  
The quality of life impact of dysphonia.  
*Clin Otolaryngol Allied Sci.* 2002;27(3):179-82.

**Woo P, Casper J, Colton R, Brewer D.**  
Aerodynamic and stroboscopic findings before and after microlaryngeal phonosurgery.  
*J Voice.* 1994;8(2):186-94.

**Woo P, Casper J, Colton R, Brewer D.**  
Diagnosis and treatment of persistent dysphonia after laryngeal surgery: a retrospective analysis of 62 patients.  
*Laryngoscope.* 1994;104(9):1084-91.

**Woo P, Casper J, Griffin B, Colton R, Brewer D.**  
Endoscopic microsuture repair of vocal fold defects.  
*J Voice.* 1995;9(3):332-9.

**Young N, Wadie M, Sasaki CT.**  
*Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2012;121(5):317-21.  
Neuromuscular basis for ventricular fold function.

**Zapater E, Frías S, Pérez A, Basterra J.**  
Comparative study on chronic tissue damage after cordectomies using either CO2 laser or microdissection electrodes.  
*Head Neck.* 2009;31(11):1477-81.

**Zeitels SM.**

Laser versus cold instruments for microlaryngoscopic surgery.  
*Laryngoscope*. 1996;106(5 Pt 1):545-52.

**Zeitels SM.**

*Phonomicrosurgical treatment of early glottic cancer and carcinoma in situ.*  
*Am J Surg*. 1996;172(6):704-9.

**Zeitels SM.**

Optimizing voice after endoscopic partial laryngectomy.  
*Otolaryngol Clin North Am*. 2004;37(3):627-36.

## 16 Anhang – Tabellen und Statistiken der Ergebnisse

### 16.1 Subjektive Parameter

#### 16.1.1 Benotung der Stimmzufriedenheit durch die Patienten – Gesamtpopulation

MW  $\pm$  Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	3,87 $\pm$ 0,95 (70)	2,31 $\pm$ 0,84 (70)	-1,56 $\pm$ 1,29 (70)	6	8	56	<0,0005

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

#### 16.1.2 Benotung der Stimmzufriedenheit durch die Patienten – Therapiegruppen

Jeweils MW  $\pm$  Std.abw. (N)

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

Gruppe I: Medialisierungen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	4,13 $\pm$ 0,73 (23)	2,50 $\pm$ 0,87 (23)	-1,63 $\pm$ 1,23 (23)	1	3	19	<0,0005

Gruppe II: Komplexe Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	4,38 $\pm$ 0,53 (12)	2,71 $\pm$ 0,66 (12)	-1,67 $\pm$ 0,89 (12)	-	1	11	0,003

Gruppe III: Synechie

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	3,91 $\pm$ 0,80 (21)	2,43 $\pm$ 0,81 (21)	-1,48 $\pm$ 1,21 (21)	2	1	18	<0,0005



Gruppe IV: Isolierte Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	3,54 ± 1,12 (25)	2,14 ± 0,78 (25)	-1,40 ± 1,28 (25)	2	3	20	<0,0005

Gruppe V: Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	4,18 ± 1,09 (14)	1,75 ± 0,85 (14)	-2,43 ± 1,27 (14)	1	-	13	0,001

Gruppe VI: Zusammenfassung der Gruppen IV und V

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Note	3,69 ± 1,13 (32)	2,05 ± 0,83 (32)	-1,64 ± 1,40 (32)	2	3	27	<0,005

### 16.1.3 Analyse der Lebensqualität

#### 16.1.3.1 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem standardisierten Fragebogen QLQ–C30 der EORTC – Gesamtpopulation

MW ± Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0	p-Wert*
QLQ1	1,80 ± 1,04 (62)	1,58 ± 0,86 (66)	-0,30 ± 0,78 (61)	2	42	17	<b>0,008</b>
QLQ2	1,67 ± 0,95 (62)	1,49 ± 0,84 (66)	-0,23 ± 0,82 (61)	4	42	15	<b>0,022</b>
QLQ3	1,33 ± 0,82 (62)	1,16 ± 0,44 (66)	-0,21 ± 0,69 (61)	1	52	8	<b>0,018</b>
QLQ8	1,81 ± 1,10 (62)	1,48 ± 0,66 (66)	-0,33 ± 0,81 (61)	3	42	16	<b>0,004</b>
QLQ29	4,35 ± 1,58 (62)	5,25 ± 1,27 (66)	1,00 ± 1,50 (61)	32	24	5	<b>&lt;0,0005</b>
QLQ30	4,11 ± 1,73 (62)	5,37 ± 1,24 (66)	1,39 ± 1,61 (61)	38	19	4	<b>&lt;0,0005</b>
<b>QoL 1 (1/2/3/8)</b>	<b>1,65 ± 0,81 (62)</b>	<b>1,43 ± 0,56 (66)</b>	<b>-0,27 ± 0,61 (61)</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>0,001</b>
<b>QoL 2 (29/30)</b>	<b>4,23 ± 1,55 (62)</b>	<b>5,31 ± 1,18 (66)</b>	<b>1,19 ± 1,45 (62)</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>&lt;0,0005</b>
<b>QoL 3 (1/2/3/8/29/30)**</b>	<b>1,79 ± 1,41 (62)</b>	<b>1,13 ± 0,99 (66)</b>	<b>-0,75 ± 1,08 (62)</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>44</b>	<b>&lt;0,0005</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

\*\* Da die sechs Werte verschiedene Skalen und verschiedene Richtungen haben, werden alle sechs Fragen auf eine Skala von 0 bis 1 in die gleiche Richtung normiert und aufsummiert. Dieser Wert hat also eine Skala von 1-6. Je geringer der Wert auf der Skala ist, desto besser ist die Lebensqualität der Patienten

#### 16.1.3.2 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem standardisierten Fragebogen QLQ–C30 der EORTC - Therapiegruppen

p-Werte\* in den Therapiegruppen

Item	Medialisierungen	Komplexe NK	Synechie	Isolierte NK	Verschiebelappenplastik	Isolierte NK+ Verschiebelappenplastik
QLQ1	<b>0,026</b>	0,059	<b>0,025</b>	0,729	0,102	0,564
QLQ2	<b>0,008</b>	<b>0,020</b>	0,180	0,589	0,180	1,000
QLQ3	0,180	0,102	0,102	0,257	0,102	0,129
QLQ8	<b>0,010</b>	0,059	0,129	0,273	0,785	0,207
QLQ29	<b>0,012</b>	<b>0,007</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,047</b>	<b>0,001</b>
QLQ30	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,042</b>	<b>0,001</b>
<b>QoL 1 (1/2/3/8)</b>	<b>0,001</b>	<b>0,011</b>	<b>0,037</b>	0,682	0,180	0,397
<b>QoL 2 (29/30)</b>	<b>0,003</b>	<b>0,012</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,049</b>	<b>0,001</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben.

### 16.1.3.3 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem Ergänzungsmodul QLQ-H&N35 – Gesamtpopulation

MW ± Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0	Diff = 0*	Diff < 0	p-Wert*
QLQ-HN35 16	3,09 ± 1,12 (61)	2,22 ± 0,98 (65)	-0,97 ± 1,07 (59)	3	20	36	<0,0005
QLQ-HN35 23	2,66 ± 1,27 (62)	1,84 ± 0,92 (66)	-0,89 ± 1,05 (61)	2	25	34	<0,0005
QLQ-HN35 24	2,56 ± 1,28 (62)	1,93 ± 0,96 (66)	-0,75 ± 1,01 (61)	3	27	31	<0,0005
<b>Speech Problems</b>	<b>2,77 ± 1,09 (62)</b>	<b>2,00 ± 0,88 (66)</b>	<b>-0,86 ± 0,90 (61)</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>44</b>	<b>&lt;0,0005</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

### 16.1.3.4 Analyse ausgewählter Fragen zur Lebensqualität aus dem Ergänzungsmodul QLQ-H&N35 – Therapiegruppen

p-Werte\* in den Therapiegruppen

Item	Medialisierungen	Komplexe NK	Synechie	Isolierte NK	Verschiebelappenplastik	Isolierte NK+ Verschiebelappenplastik
QLQ-HN35 16	0,072	0,026	0,002	<0,0005	0,007	<0,0005
QLQ-HN35 23	0,001	0,012	0,007	0,002	0,023	0,001
QLQ-HN35 24	0,007	0,007	0,012	0,003	0,024	0,001
<b>Speech Problems</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>	<b>0,001</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,007</b>	<b>0,0005</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben.

### 16.1.4 Perzeptive Beurteilung der Stimmqualität nach der Rauheit-Beauchtheit-Heiserkeit Klassifizierung (RBH-Klassifizierung)

#### 16.1.4.1 Analyse der Gesamtpopulation

MW ± Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Beauchtheit	1,98 ± 1,21 (47)	1,14 ± 1,12 (49)	-0,87 ± 1,09 (46)	3	17	26	<b>&lt;0,0005</b>
Rauheit	1,37 ± 1,08 (46)	0,92 ± 0,91 (49)	-0,44 ± 1,22 (45)	10	14	21	<b>0,021</b>
Heiserkeit	1,96 ± 1,03 (46)	1,31 ± 0,90 (48)	-0,67 ± 1,09 (45)	5	15	25	<b>0,001</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

#### 16.1.4.2 Analyse der Therapiegruppen

Jeweils MW ± Std.abw. (N)

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

Gruppe I: Medialisierungen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Beauchtheit	2,63 ± 0,68 (19)	1,89 ± 0,94 (19)	-0,67 ± 0,84 (18)	1	7	10	<b>0,008</b>
Rauheit	1,39 ± 0,98 (18)	1,21 ± 0,98 (19)	-0,24 ± 1,48 (17)	7	1	9	0,554
Heiserkeit	2,06 ± 1,00 (18)	1,50 ± 0,86 (18)	-0,47 ± 1,01 (17)	2	6	9	0,085

Gruppe II: Komplexe Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Beauchtheit	2,22 ± 1,09 (9)	1,91 ± 1,14 (11)	-0,33 ± 0,71 (9)	1	4	4	0,180
Rauheit	1,56 ± 0,88 (9)	0,73 ± 1,01 (11)	-0,67 ± 1,50 (9)	2	1	6	0,222
Heiserkeit	2,33 ± 1,00 (9)	1,73 ± 1,01 (11)	-0,67 ± 1,00 (9)	1	3	5	0,084

Gruppe III: Synechie

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Beauchtheit	1,53 ± 1,30 (15)	0,47 ± 1,06 (15)	-1,07 ± 1,39 (15)	1	6	8	<b>0,016</b>
Rauheit	1,40 ± 1,18 (15)	0,60 ± 0,83 (15)	-0,80 ± 1,08 (15)	1	6	8	<b>0,018</b>
Heiserkeit	2,00 ± 1,00 (15)	1,40 ± 0,99 (15)	-0,60 ± 1,24 (15)	2	6	7	0,086

Gruppe IV: Isolierte Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Behauchtheit	1,36 ± 1,28 (14)	0,50 ± 0,52 (14)	-0,86 ± 1,10 (14)	1	5	8	<b>0,018</b>
Rauheit	1,29 ± 1,20 (14)	0,93 ± 0,83 (14)	-0,36 ± 0,93 (14)	2	7	5	0,160
Heiserkeit	1,36 ± 1,15 (14)	0,93 ± 0,83 (14)	-0,43 ± 1,16 (14)	2	6	6	0,196

Gruppe V: Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Behauchtheit	1,71 ± 1,38 (7)	0,75 ± 0,71 (8)	-1,14 ± 0,90 (7)	0	2	5	<b>0,038</b>
Rauheit	1,57 ± 1,13 (7)	0,88 ± 0,64 (8)	-0,57 ± 1,13 (7)	1	3	3	0,194
Heiserkeit	2,14 ± 0,90 (7)	1,00 ± 0,76 (8)	-1,29 ± 0,76 (7)	0	1	6	<b>0,024</b>

Gruppe VI: Isolierte Narbenkorrekturen + Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Behauchtheit	1,53 ± 1,28 (17)	0,61 ± 0,61 (18)	-1,00 ± 1,06 (17)	1	5	11	<b>0,004</b>
Rauheit	1,41 ± 1,18 (17)	0,83 ± 0,79 (18)	-0,53 ± 1,01 (17)	2	8	7	<b>0,045</b>
Heiserkeit	1,53 ± 1,12 (17)	0,94 ± 0,80 (18)	-0,65 ± 1,17 (17)	2	6	9	<b>0,049</b>

## 16.2 Objektive Parameter

### 16.2.1 Analyse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes – Gesamtpopulation

MW  $\pm$  Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Perr.-Korr.	0,82 $\pm$ 0,17 (20)	0,87 $\pm$ 0,14 (20)	0,06 $\pm$ 0,13 (20)	11	-	9	0,089
Jitter	10,99 $\pm$ 11,03 (20)	5,92 $\pm$ 7,76 (20)	-5,07 $\pm$ 8,83 (20)	4	-	16	<b>0,001</b>
Shimmer	26,35 $\pm$ 18,75 (20)	20,26 $\pm$ 15,27 (20)	-6,09 $\pm$ 12,04 (20)	6	-	14	0,037
GNE	0,30 $\pm$ 0,16 (20)	0,35 $\pm$ 0,17 (20)	0,05 $\pm$ 0,12 (20)	13	-	7	0,104
F0	191,14 $\pm$ 48,49 (20)	180,28 $\pm$ 35,96 (20)	-10,86 $\pm$ 33,39 (20)	10	-	10	0,370
Irregularität	6,76 $\pm$ 2,05 (20)	6,22 $\pm$ 1,76 (20)	-0,54 $\pm$ 1,36 (20)	7	-	13	0,093
Rauschen	3,14 $\pm$ 0,65 (20)	2,94 $\pm$ 0,70 (20)	-0,19 $\pm$ 0,48 (20)	7		13	0,104

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. + Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

### 16.2.2 Analyse des Göttinger Heiserkeitsdiagrammes – Therapiegruppen

Jeweils MW  $\pm$  Std.abw. (N)

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. + Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

Gruppe I: Medialisierungen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Perr.-Korr.	0,74 $\pm$ 0,13 (7)	0,77 $\pm$ 0,15 (7)	0,03 $\pm$ 0,09 (7)	4	-	3	0,499
Jitter	16,62 $\pm$ 9,20 (7)	12,27 $\pm$ 9,48 (7)	-4,34 $\pm$ 6,94 (7)	1	-	6	0,091
Shimmer	37,74 $\pm$ 15,26 (7)	31,88 $\pm$ 17,10 (7)	-5,86 $\pm$ 10,40 (7)	2	-	5	0,176
GNE	0,24 $\pm$ 0,10 (7)	0,24 $\pm$ 0,09 (7)	0,01 $\pm$ 0,06 (7)	3	-	4	0,866
F0	177,66 $\pm$ 45,62 (7)	155,49 $\pm$ 16,18 (7)	-22,17 $\pm$ 46,31 (7)	3	-	4	0,398
Irregularität	7,93 $\pm$ 1,57 (7)	7,55 $\pm$ 1,67 (7)	-0,38 $\pm$ 0,71 (7)	3	-	4	0,310
Rauschen	3,40 $\pm$ 0,40 (7)	3,38 $\pm$ 0,38 (7)	-0,02 $\pm$ 0,24 (7)	4	-	3	0,866

Gruppe II: Komplexe Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Perr.-Korr.	0,69 $\pm$ 0,04 (5)	0,68 $\pm$ 0,11 (5)	-0,01 $\pm$ 0,07 (5)	2	-	3	0,686
Jitter	19,91 $\pm$ 4,01 (5)	17,03 $\pm$ 7,54 (5)	-2,88 $\pm$ 3,97 (5)	1	-	4	0,225
Shimmer	43,13 $\pm$ 8,74 (5)	40,37 $\pm$ 13,16 (5)	-2,75 $\pm$ 9,00 (5)	2	-	3	0,500
GNE	0,21 $\pm$ 0,09 (5)	0,18 $\pm$ 0,07 (5)	-0,03 $\pm$ 0,04 (5)	1	-	4	0,138
F0	185,92 $\pm$ 50,56 (5)	150,48 $\pm$ 19,01 (5)	-35,44 $\pm$ 47,87 (5)	2	-	3	0,225
Irregularität	8,58 $\pm$ 0,26 (5)	8,46 $\pm$ 0,67 (5)	-0,12 $\pm$ 0,60 (5)	3	-	2	0,893
Rauschen	3,49 $\pm$ 0,37 (5)	3,62 $\pm$ 0,30 (5)	0,13 $\pm$ 0,16 (5)	4	-	1	0,138

Gruppe III: Synechie

Aufgrund eines zu kleinen Patientenkollektivs konnte keine Auswertung erfolgen

Gruppe IV: Isolierte Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Perr.-Korr.	0,84 ± 0,23 (7)	0,94 ± 0,08 (7)	0,10 ± 0,20 (7)	3	-	4	0,499
Jitter	8,92 ± 14,29 (7)	1,65 ± 2,29 (7)	-7,27 ± 13,54 (7)	2	-	5	0,063
Shimmer	20,43 ± 20,37 (7)	11,69 ± 5,94 (7)	-8,74 ± 17,30 (7)	3	-	4	0,499
GNE	0,39 ± 0,21 (7)	0,47 ± 0,17 (7)	0,08 ± 0,18 (7)	5	-	2	0,237
F0	200,17 ± 51,53 (7)	192,57 ± 36,89 (7)	-7,60 ± 24,33 (7)	3	-	4	0,612
Irregularität	6,00 ± 2,37 (7)	5,28 ± 1,18 (7)	-0,72 ± 1,95 (7)	3	-	4	0,735
Rauschen	2,76 ± 0,86 (7)	2,41 ± 0,72 (7)	-0,34 ± 0,73 (7)	2	-	5	0,237

Gruppe V: Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Perr.-Korr.	0,84 ± 0,22 (6)	0,96 ± 0,03 (6)	0,12 ± 0,21 (6)	4	-	2	0,173
Jitter	9,15 ± 14,10 (6)	1,40 ± 1,51 (6)	-7,75 ± 13,98 (6)	-	-	6	<b>0,028</b>
Shimmer	20,23 ± 16,85 (6)	11,32 ± 5,27 (6)	-8,91 ± 16,50 (6)	-	-	6	<b>0,028</b>
GNE	0,28 ± 0,15 (6)	0,44 ± 0,17 (6)	0,17 ± 0,12 (6)	6	-	-	<b>0,028</b>
F0	197,50 ± 38,79 (6)	191,27 ± 26,82 (6)	-6,23 ± 24,53 (6)	2	-	4	0,463
Irregularität	6,35 ± 1,97 (6)	5,21 ± 0,89 (6)	-1,14 ± 1,89 (6)	1	-	5	0,075
Rauschen	3,23 ± 0,61 (6)	2,53 ± 0,71 (6)	-0,69 ± 0,51 (6)	-	-	6	<b>0,028</b>

Gruppe VI: Isolierte Narbenkorrekturen + Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Perr.-Korr.	0,85 ± 0,20 (10)	0,95 ± 0,07 (10)	0,09 ± 0,17 (10)	6	-	4	0,093
Jitter	7,68 ± 11,98 (10)	1,75 ± 2,13 (10)	-5,93 ± 11,30 (10)	2	-	8	<b>0,013</b>
Shimmer	19,13 ± 17,18 (10)	12,14 ± 6,09 (10)	-6,99 ± 14,43 (10)	3	-	7	0,139
GNE	0,35 ± 0,20 (10)	0,44 ± 0,18 (10)	0,09 ± 0,15 (10)	8	-	2	0,093
F0	199,57 ± 48,10 (10)	194,44 ± 33,18 (10)	-5,13 ± 26,08 (10)	5	-	5	0,721
Irregularität	6,09 ± 2,06 (10)	5,38 ± 1,13 (10)	-0,71 ± 1,60 (10)	3	-	7	0,169
Rauschen	2,92 ± 0,82 (10)	2,56 ± 0,75 (10)	-0,36 ± 0,61 (10)	2	-	8	0,093

### 16.2.3 Analyse der Stimmumfangsprofiluntersuchung – Gesamtpopulation

MW ± Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	38,72 ± 9,93 (47)	36,24 ± 11,18 (49)	-2,36 ± 10,54 (45)	20	-	25	0,107
Tonumfang F0 (HT)	17,36 ± 10,02 (47)	22,73 ± 11,46 (49)	5,04 ± 12,15 (45)	30	2	13	<b>0,007</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	208,67 ± 238,55 (47)	273,25 ± 288,58 (49)	66,26 ± 352,49 (45)	30	1	14	<b>0,043</b>
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	42,04 ± 11,46 (45)	42,19 ± 10,00 (48)	0,86 ± 11,86 (42)	23	1	18	0,736
Tonumfang F0 (HT)	23,80 ± 11,23 (45)	31,02 ± 10,40 (48)	7,55 ± 15,21 (42)	29	2	11	<b>0,003</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	360,10 ± 291,83 (45)	484,62 ± 309,58 (48)	145,34 ± 440,89 (42)	31	-	11	<b>0,011</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

### 16.2.4 Analyse der Stimmumfangsprofiluntersuchung – Therapiegruppen

Jeweils MW ± Std.abw. (N)

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

Gruppe I: Medialisierungen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	41,05 ± 10,84 (19)	35,11 ± 12,54 (19)	-5,17 ± 8,60 (18)	7	-	11	0,070
Tonumfang F0 (HT)	17,63 ± 9,60 (19)	22,05 ± 14,66 (19)	5,28 ± 12,80 (18)	13	-	5	0,081
Tonumfang F0 (Hz) Diff	161,20 ± 138,27 (19)	314,89 ± 419,12 (19)	168,73 ± 382,57 (18)	13	-	5	0,085
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	39,28 ± 7,70 (18)	41,00 ± 11,79 (19)	1,24 ± 10,74 (17)	11	1	5	0,422
Tonumfang F0 (HT)	24,72 ± 13,61 (18)	28,84 ± 10,24 (19)	4,71 ± 17,35 (17)	10	2	5	0,255
Tonumfang F0 (Hz) Diff	285,48 ± 278,65 (18)	424,95 ± 294,36 (19)	144,16 ± 423,80 (17)	13	-	4	0,049



## Gruppe II: Komplexe Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p- Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	38,70 ± 11,60 (10)	31,67 ± 12,13 (9)	-5,50 ± 7,67 (8)	2	-	6	0,080
Tonumfang F0 (HT)	18,00 ± 11,51 (10)	24,44 ± 17,97 (9)	7,38 ± 12,99 (8)	6	-	2	0,161
Tonumfang F0 (Hz) Diff	188,58 ± 168,07 (10)	432,87 ± 548,51 (9)	290,09 ± 486,52 (8)	6	-	2	0,093
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	37,89 ± 11,81 (9)	36,33 ± 13,25 (9)	3,29 ± 11,46 (7)	5	1	1	0,345
Tonumfang F0 (HT)	24,00 ± 14,81 (9)	27,67 ± 12,76 (9)	4,71 ± 18,58 (7)	3	1	3	0,833
Tonumfang F0 (Hz) Diff	283,59 ± 230,89 (9)	433,73 ± 392,00 (9)	271,99 ± 460,16 (7)	4	-	3	0,398

## Gruppe III: Synechie

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p- Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	36,08 ± 8,62 (13)	39,21 ± 12,81 (14)	2,58 ± 12,30 (12)	7	-	5	0,582
Tonumfang F0 (HT)	15,15 ± 9,25 (13)	23,36 ± 10,42 (14)	5,67 ± 12,72 (12)	9	-	3	0,126
Tonumfang F0 (Hz) Diff	208,42 ± 179,51 (13)	253,67 ± 178,80 (14)	21,58 ± 252,57 (12)	9	-	3	0,388
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	44,62 ± 11,63 (13)	43,77 ± 10,11 (13)	1,27 ± 11,61 (11)	7	-	4	0,859
Tonumfang F0 (HT)	22,46 ± 9,12 (13)	33,62 ± 11,59 (13)	9,45 ± 15,06 (11)	8	-	3	0,091
Tonumfang F0 (Hz) Diff	428,25 ± 320,72 (13)	584,98 ± 335,46 (13)	168,37 ± 508,80 (11)	8	-	3	0,182

## Gruppe IV: Isolierte Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p- Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	38,50 ± 9,73 (14)	36,53 ± 9,71 (15)	-1,71 ± 11,82 (14)	7	-	7	0,451
Tonumfang F0 (HT)	15,14 ± 7,99 (14)	23,07 ± 6,52 (15)	8,14 ± 8,96 (14)	10	2	2	<b>0,005</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	156,54 ± 89,39 (14)	254,10 ± 150,78 (15)	106,12 ± 154,15 (14)	11	1	2	<b>0,006</b>
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	46,86 ± 10,01 (14)	45,87 ± 8,53 (15)	-0,79 ± 12,47 (14)	6	-	8	0,851
Tonumfang F0 (HT)	24,71 ± 8,60 (14)	32,47 ± 10,48 (15)	8,57 ± 11,79 (14)	11	-	3	<b>0,030</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	380,44 ± 205,18 (14)	508,53 ± 321,65 (15)	151,28 ± 410,16 (14)	11	-	3	0,124

Gruppe V: Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p- Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	36,63 ± 12,66 (8)	36,00 ± 8,23 (9)	-0,25 ± 12,87 (8)	4	-	4	0,833
Tonumfang F0 (HT)	20,75 ± 14,04 (8)	24,56 ± 8,93 (9)	4,38 ± 14,48 (8)	5	-	3	0,325
Tonumfang F0 (Hz) Diff	367,11 ± 477,69 (8)	257,29 ± 179,78 (9)	-94,45 ± 497,16 (8)	5	-	3	1,000
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	39,88 ± 18,52 (8)	43,22 ± 7,21 (9)	3,38 ± 15,32 (8)	3	-	5	1,000
Tonumfang F0 (HT)	23,50 ± 12,41 (8)	33,67 ± 8,51 (9)	11,75 ± 12,04 (8)	7	-	1	<b>0,036</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	410,34 ± 323,39 (8)	531,58 ± 362,17 (9)	164,71 ± 501,31 (8)	5	-	3	0,575

Gruppe VI: Isolierte Narbenkorrekturen + Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p- Wert*
<b>Lesestimmfeld</b>							
Stimmdynamik	37,11 ± 9,62 (18)	36,53 ± 9,86 (19)	-0,39 ± 12,34 (18)	9	-	9	0,632
Tonumfang F0 (HT)	17,17 ± 10,90 (18)	22,95 ± 7,44 (19)	5,94 ± 10,67 (18)	12	2	4	<b>0,020</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	245,11 ± 329,20 (18)	240,87 ± 141,99 (19)	1,68 ± 341,80 (18)	12	1	5	0,136
<b>Singstimmfeld</b>							
Stimmdynamik	44,00 ± 14,38 (18)	44,21 ± 8,66 (19)	0,28 ± 14,18 (18)	7	-	11	0,794
Tonumfang F0 (HT)	23,78 ± 9,77 (18)	33,16 ± 10,35 (19)	10,06 ± 12,06 (18)	15	-	3	<b>0,005</b>
Tonumfang F0 (Hz) Diff	379,83 ± 249,44 (18)	544,37 ± 357,76 (19)	184,58 ± 455,25 (18)	14	-	4	0,085

### 16.2.5 Analyse des Phonationskoeffizienten – Gesamtpopulation

MW ± Std.abw. (N)

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	407,79 ± 284,94 (49)	283,96 ± 188,57 (48)	-143,71 ± 197,29 (46)	11	-	35	<b>&lt;0,0005</b>

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

### 16.2.6 Analyse des Phonationskoeffizienten - Therapiegruppen

Jeweils MW ± Std.abw. (N)

\* p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben. \* Anzahl der Patienten mit einem höheren Wert nachher (Diff > 0), einem gleichen Wert (Diff = 0) und einem niedrigeren Wert nachher (Diff < 0)

Gruppe I: Medialisierungen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	632,36 ± 300,78 (20)	406,02 ± 181,54 (18)	-261,33 ± 247,73 (18)	3	-	15	<b>0,001</b>

Gruppe II: Komplexe Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	522,73 ± 358,08 (10)	443,09 ± 254,96 (9)	-220,38 ± 325,96 (8)	2	-	6	0,123

Gruppe III: Synechie

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	218,69 ± 87,60 (14)	182,62 ± 59,17 (14)	-36,46 ± 89,20 (13)	5	-	8	0,221

Gruppe IV: Isolierte Narbenkorrekturen

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	288,69 ± 165,09 (15)	200,29 ± 89,84 (15)	-88,40 ± 125,26 (15)	5	-	10	<b>0,023</b>

Gruppe V: Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	301,18 ± 174,65 (9)	182,76 ± 108,80 (9)	-118,42 ± 119,64 (9)	1	-	8	<b>0,015</b>

Gruppe VI: Isolierte Narbenkorrekturen + Verschiebelappenplastik

Item	Vorher	Nachher	Differenz	Diff > 0 <sup>+</sup>	Diff = 0 <sup>+</sup>	Diff < 0 <sup>+</sup>	p-Wert*
Phon.koeff.	273,62 ± 149,15 (19)	197,66 ± 80,70 (19)	-75,96 ± 114,66 (19)	6	-	13	<b>0,018</b>

### 16.3 Korrelationen der subjektiven und objektiven Parameter

Subjektiver Wert (Note)				RBH-Skalierung		
Differenzen	Korr.- koeffizient	p-Wert	N	Behauchtheit	Rauheit	Heiserkeit
Perr.-Korr.*	-0,291	0,213	20	<b>-0,551**</b> <i>(p=0,027)</i>	<b>0,517**</b> <i>(p=0,040)</i>	<b>-0,706**</b> <i>(p=0,002)</i>
Jitter*	0,387	0,092	20	0,471	-0,436	<b>0,782**</b> <i>(p=0,001)</i>
Shimmer*	<b>0,489**</b>	<b>0,029</b>	20	0,456	-0,189	<b>0,753**</b> <i>(p=0,002)</i>
GNE*	-0,273	0,245	20	0,054	0,104	-0,482
F0*	0,024	0,922	20	-0,025	0,433	-0,326
Irregularität*	0,356	0,124	20	<b>0,590**</b> <i>(p=0,016)</i>	-0,341	<b>0,899**</b> <i>(p&lt;0,0005)</i>
Rauschen*	0,273	0,245	20	-0,054	-0,110	0,487
Lesestimmfeld						
Stimmdynamik	-0,281	0,061	45			
Tonumfang F0 (HT)	0,031	0,838	45			
Tonumfang F0 (Hz) Diff	0,060	0,697	45			
Singstimmfeld						
Stimmdynamik	-0,193	0,220	42			
Tonumfang F0 (HT)	0,024	0,879	42			
Tonumfang F0 (Hz) Diff	-0,028	0,860	42			
Behauchtheit	0,099	0,511	46			
Rauheit	0,032	0,833	45			
Heiserkeit	<b>0,647**</b>	<b>&lt;0,0005</b>	45			
Phon.koeff.	<b>0,312**</b>	<b>0,035</b>	46			

Speech problems				QoL 2 (MW 29 /30) Global Health Status		
Differenzen	Korr.- koeffizient	p-Wert	N	Korr.- koeffizient	p-Wert	N
Perr.-Korr.*	-0,368	0,146	17	<b>-0,576**</b>	<b>0,015</b>	17
Jitter*	0,480	0,051	17	<b>0,635**</b>	<b>0,006</b>	17
Shimmer*	<b>0,526**</b>	<b>0,030</b>	17	0,383	0,129	17
GNE*	-0,078	0,767	17	0,239	0,356	17
F0*	0,009	0,974	17	0,111	0,672	17
Irregularität*	0,351	0,167	17	0,469	0,057	17
Rauschen*	0,080	0,760	17	-0,241	0,352	17
Lesestimmfeld						
Stimmdynamik	0,006	0,971	36	0,024	0,888	36
Tonumfang F0 (HT)	0,013	0,939	36	0,192	0,263	36
Tonumfang F0 (Hz) Diff	-0,069	0,688	36	0,179	0,295	36
Singstimmfeld						
Stimmdynamik	0,064	0,717	34	-0,080	0,651	34
Tonumfang F0 (HT)	0,136	0,444	34	0,072	0,685	34
Tonumfang F0 (Hz) Diff	0,128	0,469	34	0,112	0,530	34
Behauchtheit	0,073	0,666	37	0,217	0,196	37
Rauheit	-0,025	0,887	36	0,055	0,748	36
Heiserkeit	<b>0,366*</b>	<b>0,028</b>	36	0,243	0,154	36
Phon.koeff.	-0,079	0,648	36	0,017	0,921	36

QoL 3 (MW 1/2/3/8/29/30)				QoL 1 (MW 1/2/3/8)		
Differenzen	Korr.- koeffizient	p-Wert	N	Korr.- koeffizient	p-Wert	N
Perr.-Korr.*	<b>-0,576**</b>	<b>0,015</b>	17	<b>-0,698**</b>	<b>0,002</b>	17
Jitter*	<b>0,635**</b>	<b>0,006</b>	17	<b>0,699**</b>	<b>0,002</b>	17
Shimmer*	0,383	0,129	17	0,412	0,101	17
GNE*	0,239	0,356	17	0,244	0,345	17
F0*	0,111	0,672	17	-0,056	0,830	17
Irregularität*	0,469	0,057	17	<b>0,598*</b>	<b>0,011</b>	17
Rauschen*	-0,241	0,352	17	-0,244	0,345	17
Lesestimmfeld						
Stimmdynamik	0,024	0,888	36	0,082	0,635	36
Tonumfang F0 (HT)	0,192	0,263	36	0,187	0,276	36
Tonumfang F0 (Hz) Diff	0,179	0,295	36	0,196	0,253	36
Singstimmfeld						
Stimmdynamik	-0,080	0,651	34	-0,123	0,490	34
Tonumfang F0 (HT)	0,072	0,685	34	-0,069	0,696	34
Tonumfang F0 (Hz) Diff	0,112	0,530	34	0,028	0,874	34
Behauchtheit	0,217	0,196	37	0,189	0,263	37
Rauheit	0,055	0,748	36	0,073	0,672	36
Heiserkeit	0,243	0,154	36	0,111	0,519	36
Phon.koeff.	0,017	0,921	36	0,006	0,971	36

\* nur Heiserkeitsdiagramm-Werte zu beiden Zeitpunkten

## 16.4 Evaluation der Lebensqualität

### VERTRAULICH

#### Fragebogen zur Gesundheitlichen Verfassung (LQ)

Wir sind an einigen Angaben interessiert, die Sie und Ihre Gesundheit betreffen. Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen selbst, indem Sie die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft. Es gibt keine "richtigen" oder "falschen" Antworten. Ihre Angaben werden streng vertraulich behandelt.

	überhaupt nicht	wenig	mäßig	sehr
1. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten sich körperlich anzustrengen (z.B. eine schwere Einkaufstasche oder einen Koffer zu tragen)?	1	2	3	4
2. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten einen <u>längeren</u> Spaziergang zu machen?	1	2	3	4
3. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten eine <u>kurze</u> Strecke außer Haus zu gehen?	1	2	3	4
4. Müssen Sie tagüber im Bett liegen oder in einem Sessel sitzen?	1	2	3	4
5. Brauchen Sie Hilfe beim Essen, Anziehen, Waschen oder beim Benutzen der Toilette?	1	2	3	4

#### Während der letzten Woche:

	überhaupt nicht	wenig	mäßig	sehr
6. Sind Sie in irgendeiner Weise bei Ihrer Arbeit entweder im Beruf oder im Haushalt eingeschränkt?	1	2	3	4
7. Sind Sie gänzlich außerstande im Beruf oder im Haushalt zu arbeiten?	1	2	3	4
8. Waren Sie kurzatmig?	1	2	3	4
9. Hatten Sie Schmerzen?	1	2	3	4
10. Mußten Sie sich ausruhen?	1	2	3	4
11. Hatten Sie Schlafstörungen?	1	2	3	4
12. Fühlten Sie sich schwach?	1	2	3	4
13. Hatten Sie Appetitmangel?	1	2	3	4
14. War Ihnen übel?	1	2	3	4
15. Haben Sie erbrochen?	1	2	3	4



	überhaupt nicht	wenig	mäßig	sehr
16. Hatten Sie Verstopfung?	1	2	3	4
17. Hatten Sie Durchfall?	1	2	3	4
18. Waren Sie müde?	1	2	3	4
19. Fühlten Sie sich durch Schmerzen in Ihrem alltäglichen Leben beeinträchtigt?	1	2	3	4
20. Hatten Sie Schwierigkeiten sich auf etwas zu konzentrieren, z.B. auf das Zeitunglesen oder das Fernsehen?	1	2	3	4
21. Fühlten Sie sich angespannt?	1	2	3	4
22. Haben Sie sich Sorgen gemacht?	1	2	3	4
23. Waren Sie reizbar?	1	2	3	4
24. Fühlten Sie sich niedergeschlagen?	1	2	3	4
25. Hatten Sie Schwierigkeiten sich an Dinge zu erinnern?	1	2	3	4
26. Hat Ihr Gesundheitszustand oder Ihre medizinische Behandlung Ihr Familienleben beeinträchtigt?	1	2	3	4
27. Hat Ihr Gesundheitszustand oder Ihre medizinische Behandlung Ihr Zusammensein bzw. Ihre gemeinsamen Unternehmungen mit anderen Menschen beeinträchtigt?	1	2	3	4
28. Hat Ihr Gesundheitszustand oder Ihre medizinische Behandlung für Sie finanzielle Schwierigkeiten mit sich gebracht?	1	2	3	4

Bitte kreuzen Sie bei den folgenden Fragen die Zahl zwischen 1 und 7 an, die am besten auf Sie zutrifft:

29. Wie würden Sie insgesamt Ihren körperlichen Zustand während der letzten Woche einschätzen?

1	2	3	4	5	6	7
sehr schlecht						ausgezeichnet

30. Wie würden Sie insgesamt Ihre Lebensqualität während der letzten Woche einschätzen?

1	2	3	4	5	6	7
sehr schlecht						ausgezeichnet

Abbildung 27: Die Evaluation der Lebensqualität anhand des EORTC QLQ-C30 Fragebogens. Als auswertungsrelevante Items wurden die Fragen 1,2,3,8,29 und 30 in die Studie aufgenommen.

Patienten berichten manchmal darüber, daß bei Ihnen folgende Symptome oder Probleme auftreten. Bitte zeigen Sie auf, in welchem Ausmaß Sie diese Symptome oder Probleme während der vergangenen Woche erfahren haben. Bitte antworten Sie, indem Sie die Zahl einkreisen, die am besten auf Sie zutrifft.

Während der letzten Woche:	überhaupt nicht	wenig	mäßig	sehr
31. Hatten Sie Schmerzen im Mund ?	1	2	3	4
32. Hatten Sie Schmerzen im Kiefer ?	1	2	3	4
33. Hatten Sie wund Stellen im Mund ?	1	2	3	
34. Hatten Sie Halsschmerzen ?	1	2	3	4
35. Hatten Sie Probleme, Flüssiges zu schlucken ?	1	2	3	4
36. Hatten Sie Probleme, weiche (pürierte) Kost zu schlucken ?	1	2	3	4
37. Hatten Sie Probleme, feste Kost zu schlucken ?	1	2	3	4
38. Haben Sie sich verschluckt ?	1	2	3	4
39. Hatten Sie Probleme mit den Zähnen ?	1	2	3	4
40. Hatten Sie Probleme, den Mund weit zu öffnen ?	1	2	3	
41. Hatten Sie einen trockenen Mund ?	1	2	3	4
42. Hatten Sie klebrigen Speichel ?	1	2	3	4
43. Hatten Sie Probleme mit Ihrem Geruchssinn ?	1	2	3	4
44. Hatten Sie Probleme mit Ihrem Geschmackssinn ?	1	2	3	4
45. Mußten Sie husten ?	1	2	3	4
46. Waren Sie heiser ?	1	2	3	4
47. Fühlten Sie sich krank ?	1	2	3	4
48. Hat Sie Ihr Aussehen gestört ?	1	2	3	4
49. Hatten Sie Schwierigkeiten beim Essen ?	1	2	3	4

Während der letzten Woche:				
	überhaupt nicht	wenig	mäßig	sehr
50. Hatten Sie Schwierigkeiten, im Beisein Ihrer Familie zu essen ?	1	2	3	4
51. Hatten Sie Schwierigkeiten, im Beisein anderer Leute zu essen ?	1	2	3	4
52. Bereitet es Ihnen Schwierigkeiten, Ihre Mahlzeiten zu genießen ?	1	2	3	4
53. Hatten Sie Schwierigkeiten, mit anderen Leuten zu sprechen ?	1	2	3	4
54. Hatten Sie Schwierigkeiten, am Telefon zu sprechen ?	1	2	3	4
55. Hatten Sie Schwierigkeiten im Umgang mit Ihrer Familie ?	1	2	3	4
56. Hatten Sie Schwierigkeiten im Umgang mit Ihren Freunden ?	1	2	3	4
57. Hatten Sie Schwierigkeiten, unter die Leute zu gehen ?	1	2	3	4
58. Hatten Sie Schwierigkeiten beim körperlichen Kontakt in der Familie oder mit Freunden ?	1	2	3	4
59. Hatten Sie weniger Interesse an Sexualität ?	1	2	3	4
60. Konnten Sie Sexualität weniger genießen ?	1	2	3	4

Während der letzten Woche:		
	Nein	Ja
61. Haben Sie Schmerzmittel eingenommen ?	1	2
62. Haben Sie Ihre Nahrung durch Zusatzstoffe ergänzt (außer Vitaminen) ?	1	2
63. Haben Sie eine Ernährungssonde verwendet ?	1	2
64. Haben Sie an Gewicht abgenommen ?	1	2
65. Haben Sie an Gewicht zugenommen ?	1	2

Abbildung 28: Die Evaluation der Lebensqualität anhand des ergänzenden Fragemoduls QLQ-H&N35 für maligne Erkrankungen im Kopf- Halsbereich. Als Auswertungsrelevante Items wurden die Fragen 16 (entspricht Frage 46), 23 (entspricht Frage 53) und 24 (entspricht Frage 54) in die Studie aufgenommen.

## 16.5 Evaluation der Stimmqualität

UNIVERSITÄTSKLINIKUM



GIESSEN

Hals-Nasen-Ohrenklinik, Feulgenstraße 10, D-35385 Gießen

### Stimmuntersuchung

Hals-Nasen-Ohrenklinik

Leiterin: Prof. Dr. med. H. Glanz

Logopädie

Feulgenstrasse 10  
35392 Gießen

Tel.: 0641 / 99-43783 o. 43727  
Fax: 0641 / 99-43769

#### Sprechstimme

##### Stimmklang

Klassifizierung "BRH" + KA

	0	1	2	3
Behaucht	o	o	o	o
Rauh	o	o	o	o
Heiser	o	o	o	o

Kraftlos	o	o	o	o
Angestrengt	o	o	o	o

resonanzreich	o	o	o	o	resonanzarm
---------------	---	---	---	---	-------------

normale Nasenresonanz	o	o	o	o	Rhinophonie:
					offen o
					geschlossen o

##### Sonstiges:

(brüchig, knarrend, gepreßt .....)

##### Stimmeinsatz:

weich	o	verhaucht	o
fest	o	hart	o
		gepreßt	o

Stimm Lage / Stimmdynamik: s. Sprechstimmfeld

##### Stimmansatz:

vorn o	Mitte o	zurückverlagert o
--------	---------	-------------------

##### Sprechweise:

temporal:	normal o	langsam o	schnell o
melodisch:	normal o	monoton o	übertrieben o
dynamisch:	normal o	eingeschränkt o	übertrieben o

##### Sonstiges:

(Fremdaccent, Dialekt, zu lautes / leises Sprechen, Stimmabbrüche, Stimmzittern, Skandieren)

##### Artikulation

unauffällig o	übertrieben o	verwaschen o
	verspannt o	fehlerhaft o
		(Dyslalie, Apraxie, Dysglossie)

##### Kieferöffnung:



-2-

Name:

geb.:

Datum

Atmung	Ruheatmung	Sprechatmung	Singatmung
abdominal			
costoabdominal			
costal			
clavicular			
paradox			
schnappend			
hörbar inspiratorisch			

### Sprechatmung

reflektorische Atemergänzung:

ja

o

nein

o

Atemmittellage

normal o

einatmungsbetont o

ausatmungsbetont o

Vitalkapazität: \_\_\_\_\_ cm<sup>3</sup>

Ausatmungsdauer (s/f): \_\_\_\_\_ sec.

Tonhaldedauer (a): \_\_\_\_\_ sec.  
(durchschnittlich 18 sec.)

Bemerkungen: \_\_\_\_\_

### Körperhaltung / Tonus

euton wirkend

o

hypoton wirkend \_\_\_\_\_

hyperton wirkend \_\_\_\_\_

charakteristische Merkmale der Körperhaltung:  
(z.B.: Hyperlordose, Rundrücken ...)

### Auffälligkeiten während der Untersuchung

aus Sicht	des Patienten	des Untersuchers
Stimmanstrengung		
Veränderung der Symptomatik		
Mißempfindungen		

**Bemerkungen:** Wie zufrieden ist Pat. mit Stimme?

sehr zufrieden 1 2 3 4 5 überhaupt nicht zufrieden

### Vorgesehene Maßnahmen:

Abbildung 29: Die Evaluation der Stimmqualität durch die Logopädin erfolgte anhand des RBH-Schemas, wie unter dem Punkt „Stimmklang“ aufgeführt.

Die Ermittlung des Phonationsquotienten aus der Vitalkapazität ist unter dem Punkt „Sprechatmung“ aufgeführt.

Zuletzt wurde die subjektive Stimmzufriedenheit der Patienten anhand der unter „Bemerkungen“ aufgeführten Zufriedenheitsskala ermittelt.

## 17 Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## 18 Danksagung

An erster Stelle danken möchte ich Frau Prof. Dr. med. H. K. Glanz, ehemalige Direktorin der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Justus-Liebig-Universität Gießen, für die Möglichkeit an der von ihr geleiteten HNO-Klinik die Dissertation erstellen zu können.

Größter Dank gilt meinem wissenschaftlichen Betreuer, Herrn Prof. Dr. med. A. Schulz, ehemaliger Direktor der Klinik für Pathologie der Justus-Liebig-Universität Gießen für seine fachkundige und konstruktive Beratung, die mir stets eine große Hilfe waren.

Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. med. Christoph Arens, früher Universität Gießen, jetzt Universität Magdeburg, für das Thema der Arbeit und für seine ergänzende Unterstützung.

Frau Müller-Henderson, Abteilung Logopädie, danke ich herzlich für Ihre freundliche Unterstützung.

Großer Dank gilt auch meinen Eltern, da sie mir durch vielfältige Unterstützung mein Studium und diese Dissertation überhaupt erst ermöglicht haben.

Mein aufrichtiger Dank gilt allen Patienten, die sich an dieser Studie beteiligten.